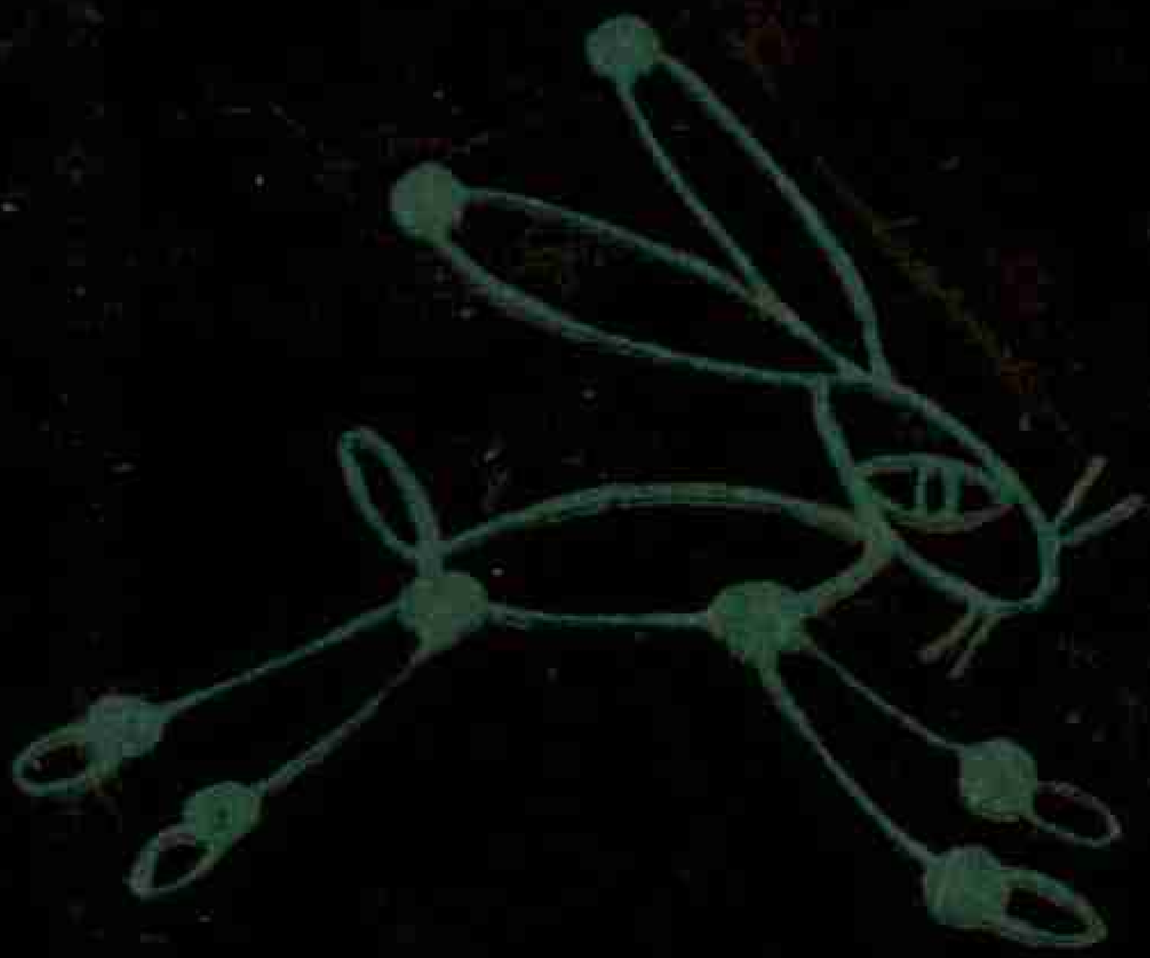
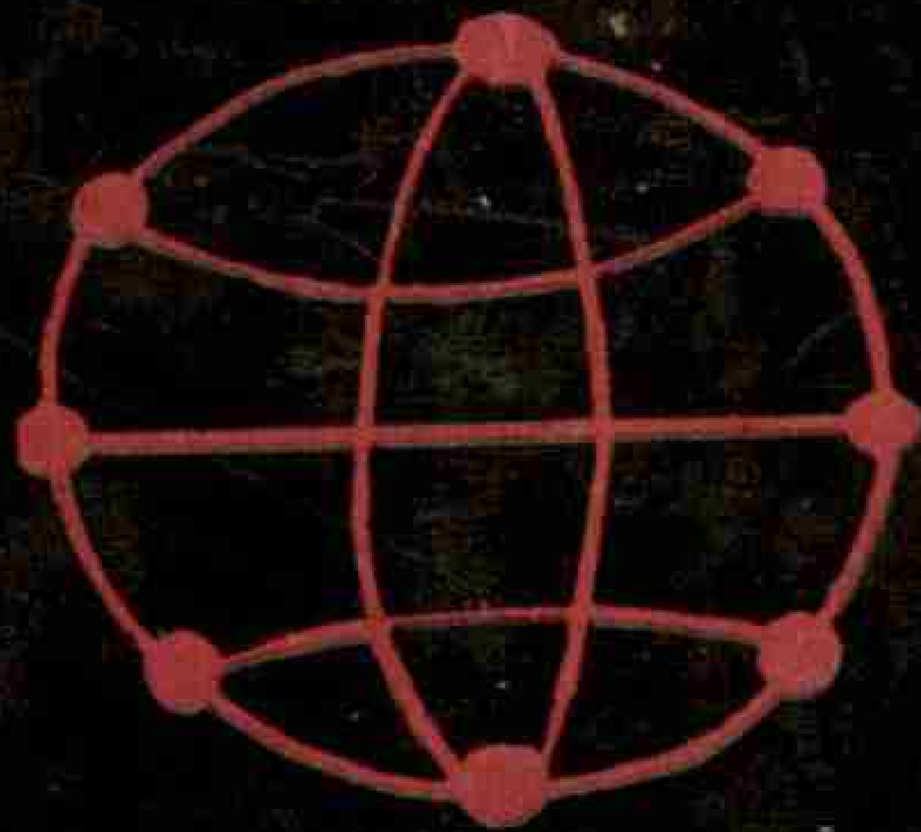
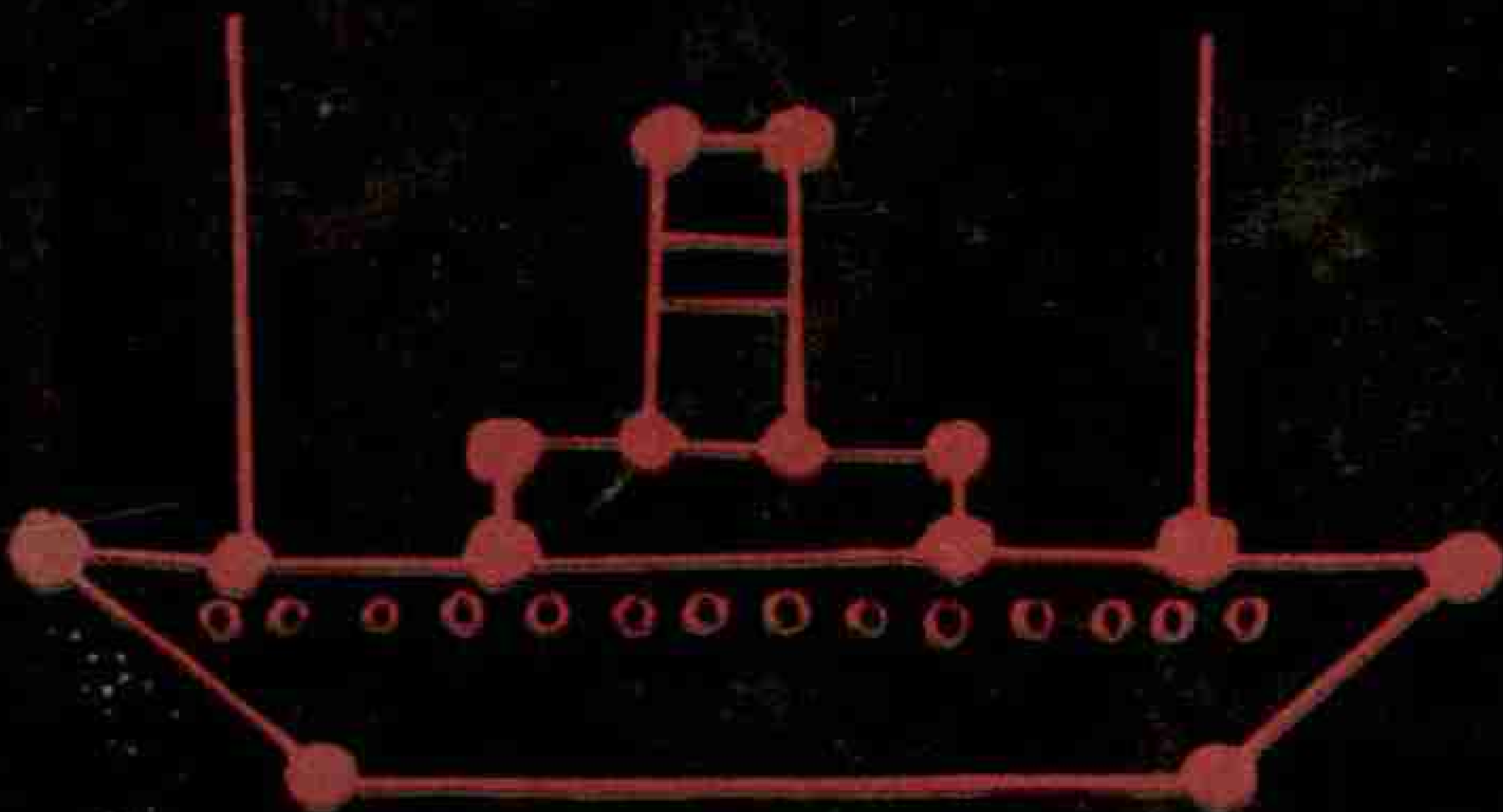
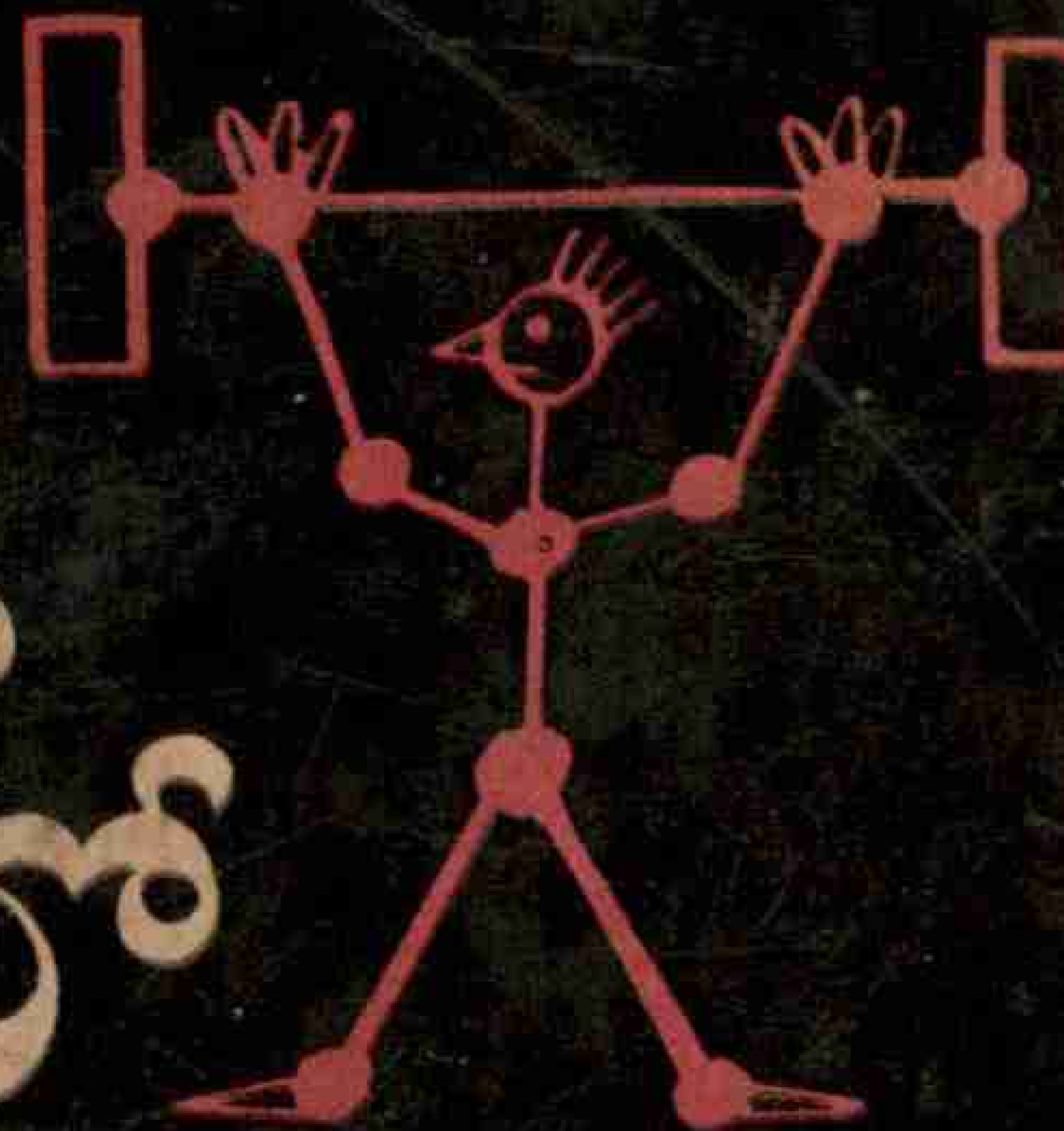
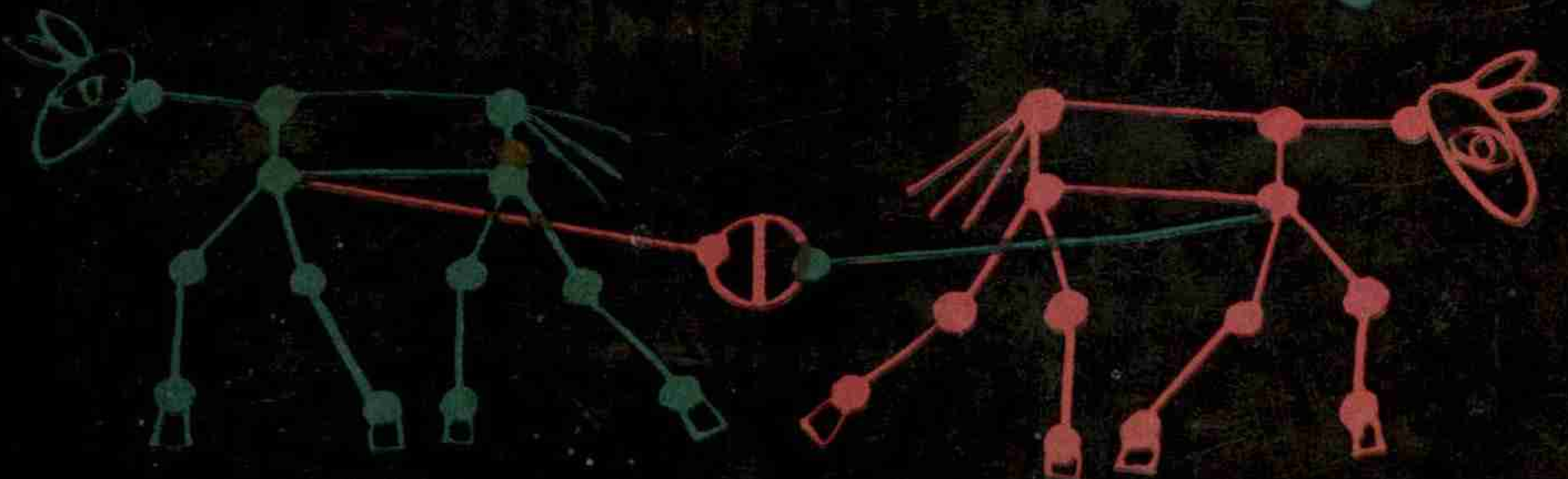



యాకొవ్ పెరెల్మాన్

# నిత్యజీవితంలో భౌతికశాస్త్రం

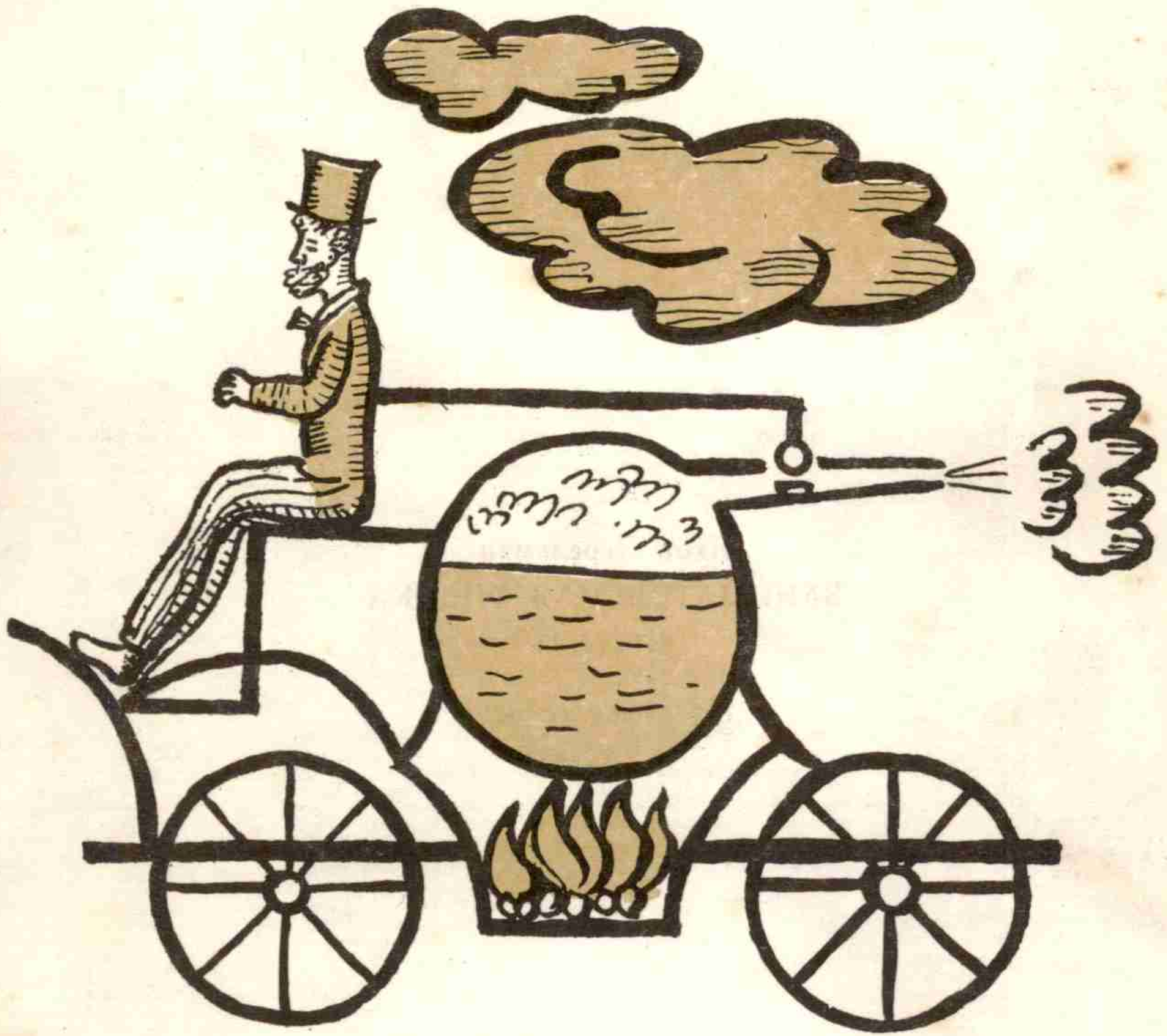
రెండవ భాగం,

C I



"ప్రగతి" ప్రచురణాలయం
మాస్కో



యాకొవ్ పెరెల్మాన్

# నిత్యజీవితంలో భౌతికశాస్త్రం

రెండవ భాగం

రెండవ ముద్రణ

**Яков Перельман**
ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА
КНИГА II

*На языке телугу*

సోవియట్ యూనియన్‌లో ముద్రించబడింది

П $\frac{20401\text{-}467}{014(01)\text{-}76}$

# విషయసూచిక

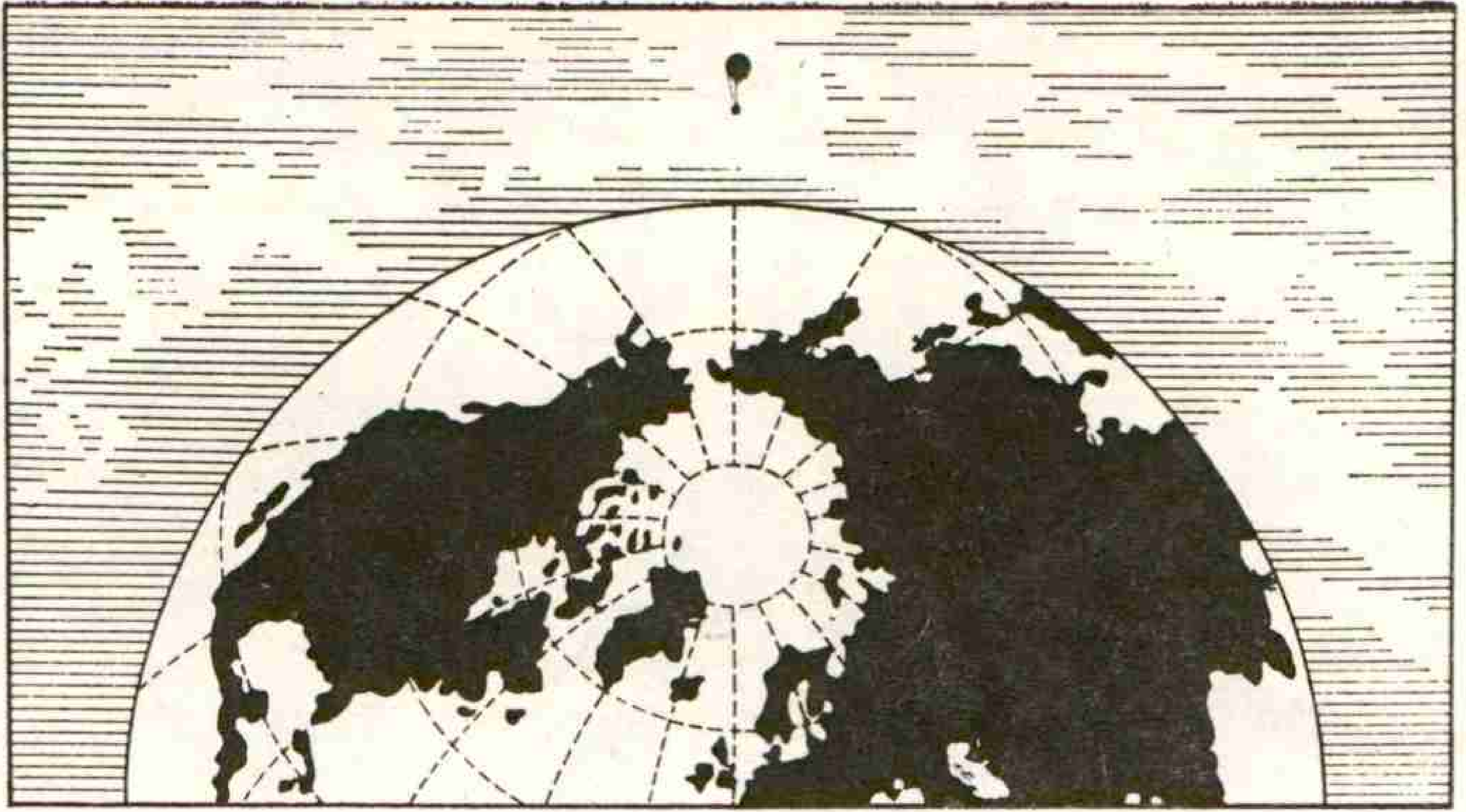
# మొదటి అధ్యాయం

# మెకానిక్సు మూలసూత్రాలు

## అతి చవక అయిన ప్రయాణం

17 వ శతాబ్దినాటి ఫ్రెంచి హాస్య రచయిత సిరానో డి బెర్జిరాక్ "చంద్రరాజ్యాల చరిత్ర" (1652) అనే వ్యంగ్యగ్రంథంలో ఒక వింత అనుభవం తనకు కలిగినట్టుగా వర్ణించాడు. ఆయన ఒకనాడు భౌతికశాస్త్ర ప్రయోగాలు చేస్తూ తన పరికరాలతో సహా అయోమయంగా పైకి వెళ్లి పోయాడట. కొన్ని గంటల అనంతరం ఆయన క్రిందికి దిగి రాగలిగేసరికి ఆశ్చర్యకరంగా తానే దిగిన దేశం తన స్వదేశమైన ఫ్రాన్సు గాని, చివరకు యూరపు గాని కాక ఉత్తర అమెరికా భూభాగమయిన కెనడా దేశమయిందట. అయితే అనుకోకుండా అట్లాంటిక్ మహాసముద్రాన్ని ఆవిధంగా లంఘించడం నిజంగానే సాధ్యమని ఆ ఫ్రెంచి రచయిత నమ్మాడు. దీన్ని ఆయన ఈకింది విధంగా విశదీకరిస్తాడు: ఆ "అయిష్ట ప్రయాణికుడు" భూతలంనుంచి వేరుచేయబడి ఉన్న కాలంలో భూమి తూర్పు కేసి తిరుగుతూనే ఉంటుంది కనక అతను కిందకి దిగేసరికి అతని పాదాలకిందికి ఫ్రాన్సుకు బదులు అమెరికా ఖండం వచ్చి కూర్చుంది.

ప్రయాణానికింతకన్న సులువైన .సాధనము, చౌకయిన సాధనమూ మరి ఉండదు! ఏముందీ? పైకి లేవడమూ, కనీసం కొన్ని నిముషాల పాటు గాలిలో తేలి ఉండి మళ్లీ దిగితేసరి, పడమటగా దూరంగా ఇంకెక్కడో దిగవచ్చు. మహాఖండాలు, మహాసముద్రాలు దాటుతూ శ్రమపడి ప్రయాణం చేసేకన్నా భూమి పైకి లేచి నిశ్చలంగా కొంత సేపు వేలాడితే భూమే మనకు కావలసిన చోటు మనపాదాలకిందికి తీసుకువస్తుంది.



చిత్రం 1. బెలూన్‌నుంచి చూస్తే భూభ్రమణం కనిపిస్తుందా? (ప్రమాణబద్ధ చిత్రం కాదు.)

కాని దురదృష్టవశాత్తూ ఈ అద్భుత ప్రయాణ సాధనం కేవలము భ్రమ మాత్రమే. మొదటి సంగతి, గాలిలోకి లేచినంత మాత్రాన మనం భూగోళంనుంచి విడిపోలేం; భూమియొక్క గాలిపొరలోనే మనం ఉంటాం, దాని వాతావరణంలో తేలుతూ ఉంటాం. మనం తేలి ఉండే గాలి కూడా భూమితో బాటు ఇరుసు చుట్టూ పరిభ్రమిస్తూనే ఉంటుంది. గాలి — కనీసం సాంద్రమైన దిగువ గాలిపొరలు — భూమితో బాటు తిరుగుతూ, తనతో చేరి వున్న వాటన్నిటినీ: మబ్బులనూ, విమానాలనూ, ఎగిరే పక్షులనూ, కీటకాలనూ మొదలైనవాటిని తనతో బాటు తీసుకుపోతుంది. నిజానికి భూమితో బాటు గాలి కూడా తిరగని పక్షంలో భూమిమీద నిలబడే మనకి ఎల్లప్పుడూ ఎంత గాలిదెబ్బ తగులుతుందంటే, దాని ముందు అతి భయంకరమైన ప్రచండ పవనాలు కూడా పిల్లగాలుల్లాగా ఉంటాయి.* గాలి గట్టిగా వీస్తోందన్న భావం కలగటానికి మనం కదలకుండా ఉండి గాలి కదిలినా, మనం గాలిలో కదులుతూ గాలి కదలకుండా ఉన్నా, రెండూ ఒకటే. రెండు సందర్భాల్లోనూ ఒకే విధంగా గట్టిగా గాలివీస్తున్నది అనిపిస్తుంది. గాలి నిశ్చలంగా వున్నప్పటికీ గంటకి 100 కిలోమీటర్ల వేగంగా పోయే మోటారు సైకిలిస్టు తీవ్రమైన ఎదురుగాలి తాకిడికి గురి అవుతాడు.

---

*ప్రచండ పవనాలవేగం సెకండుకు 40 మీటర్లు, లేక గంటకు 144 కిలోమీటర్లు. భూమియొక్క భ్రమణవేగం లెనిన్‌గ్రాడ్ ప్రాంతాలలో సెకండుకు 230 మీటర్లు లేక గంటకు 828 కిలోమీటర్లు. భూమధ్య రేఖవద్ద భ్రమణవేగం దీనికి దాదాపు రెండింతలు.

ఇది మొదటి సంగతి. ఇక రెండో సంగతి. మనం వాతావరణపు గాలిపొరను దాటి, పైకివెళ్ళగలిగినా, భూమిచుట్టూ గాలిపొర లేవేలేదనుకున్నా కూడా ఆ ఫ్రెంచి ముదుసలి భ్రమించిన చౌక ప్రయాణసాధనాన్ని ఉపయోగించగలిగి ఉండేవాళ్ళం కాదు. నిజానికి మనం భూతలంనుంచి వేరైనప్పటికీ, ఇనర్షియా మూలంగా మనం మునపటి వేగంతోనే అంటే మనకింద భూమి ఏ వేగంతో కదులుతోందో—అదే వేగంతో—కదులుతూనే ఉంటాం. మనంకిందకి దిగినప్పుడు, ఎక్కడినుంచి బయలుదేరామో అక్కడికే మళ్లీ చేరుకుంటాం. నడిచేరైలులో ఎగిరి దూకడం లాటిదే ఇదీను. ఎగిరిన చోటనే పడతాం. అయితే ఒకటున్నది. ఇనర్షియా వల్ల మనకుండే కదలిక సరళరేఖలో (భూతలానికి స్పర్శరేఖలో) ఉంటుంది. మనకింద భూమి ఒక చాపంలో కదులుతుంది. అయితే కొద్దిపాటి కాలవ్యవధిలో యీ తేడాను పూర్తిగా ఉపేక్షించవచ్చు.

## "భూమీ, నిలు!"

సుప్రసిద్ధ బ్రిటిష్ రచయిత హెచ్. జి. వెల్స్ అద్భుతాలు చేసిన ఒక గుమాస్తా గురించి ఒక కల్పిత కథ రాశాడు. స్వతహా కొంత మందమతే అయినప్పటికీ విధి వశాన అతనికి తన నోటివెంట పలకిన కోరికలన్నీ వెంటనే యీడేరే శక్తి అబ్బింది. అయితే ఈ మహత్తర శక్తి అతడికిగాని ఇతరులకుగాని చిక్కులు తప్ప ఇంకేమీ ఇవ్వలేదు. మనం నేర్చుకోదగినదంతా కథయొక్క చివరి భాగంలోనే వున్నది.

రాత్రంతా చిత్తుగా తాగి జల్సా చేసిన యీ గుమాస్తా—మాంత్రికుడు అర్ధరాత్రి గడచి యింటికి పోతే తనవాళ్లేమనిపోతారోనని భయపడి తన ప్రభావంచేత రాత్రిని పొడిగించ నిశ్చయించాడు. అది ఎలా సాధ్యమా అని ఆలోచించి నక్షత్రాలను తమ పరుగు కొద్దిసేపు ఆపమందామని అనుకుంటాడు. అలాటి అసాధారణ సాహసకృత్యానికి పాల్గొనేందుకు తటపటాయించాడు గుమాస్తా. చంద్రుణ్ణి నిలిపి వేయమని అతని మిత్రుడి సలహా. అతను చంద్రుడి కేసి శ్రద్ధగా చూసి సాలోచనగా ఇలా అంటాడు:

" 'అది మరీ శ్రుతి మించే పని....'

" 'ప్రయత్నించ కూడదా?' అన్నాడు మేడిగ్ (మిత్రుని పేరు), 'చంద్రుడు ఆగి పోడులే. మీరు నిలిపేది భూభ్రమణమేగా. ఇది ఎవరికీ ఏ హానీ చేయదనుకుంటాను!'

" 'ఊ —' అన్నాడు ఫాధరింగే (గుమాస్తా) —'సరే ప్రయత్నిస్తా. ఏదీ....'

"అతడు ధిక్కారరూపం దాల్చి, భూమిపై చేతులు చాచి గంభీరంగా ఉచ్చరించాడు: 'భూమీ, నిలు! తిరుగుట మాను!'

''అతనీ మాటలు పూర్తి చేశాడో లేదో అప్పుడే మిత్రులిద్దరు పిల్లి మొగ్గలు వేసుకుంటూ నిమిషానికి కొన్ని డజన్ల మైళ్ల వేగంతో గాలిలో అనివార్యంగా కొట్టుకుపోసాగారు.

''సెకనుకు లెక్కలేనన్ని సార్లు అతను గిరగిరా తిరుగుతున్నప్పటికీ అతను ఆలోచించసాగాడు. ఆలోచించి ఇలా కోరుకున్నాడు:

'' 'నేను భద్రంగా కిందికి దిగాలి. ఏమైనా కాని గాక, నేను నిరపాయంగా దిగిపోవాలి.'

''అతనలా కోరడం సమంగా సమయానికయింది.... వదులువదులుగా వున్న మట్టి మీద దభాలున పడ్డాడు. అయితే అతనికేహాని కలిగలేదు. అతనిమీదుగా రాళ్లు, రప్పలు, ఇనుప ముక్కలు గాలిలో ఎగురుతూ వెళ్లి, రాతి, ఇటుక గోడలగుండా బాంబులలాగ దూసుకు పోయాయి. ఆవు ఒకటి వేగంగా ఎగురుతూ వచ్చి, గోడకు తగిలి గుడ్డు చితికినట్టు చితికిపోయింది.... భూమ్యాకాశాలు గాలి హోరుతో నిండి పోయాయి. అతనికి తల ఎత్తి చూడటం కూడ సాధ్యం కాలేదు....

''ఫాధరింగే ఆ వడగాలికి మాటకూడ సరిగా రాకుండా 'ఓయి దేవుడా! చచ్చినంత పని అయిందే! ఏం పొరపాటు జరిగిందీ? తుఫాన్లు, ఉరుములు.... మేడిగ్ నాచేత ఇంత పని చేయించాడు....' అని వాపోయాడు.

''రెపరెపా కొట్టుకుంటున్న చొక్కా అడ్డం వస్తుండగా అతను చుట్టూ కలియ చూశాడు.... 'ఆకాశానికి ఏమీ జరుగలేదు, నయం' అనుకున్నాడు ఫాధరింగే.... 'అదుగో పైన చంద్రుడు.... మిగిలిన వాటి మాటేమిటి? — ఊరేమయింది? మిగిలినదంతా ఏమయి నట్టు? గాలి ఇలా వీస్తున్నదేం? నేను గాలిని వీచ మనలేదే!'

''ఫాధరింగే లేచినిలబడాలని యత్నించాడు గాని, సాధ్యం కాలేదు. అతను ఊతంగా కాళ్లమీద చేతులమీద ఒంగుని నిలబడ్డాడు. గాలివాలున, వెన్నెలకాంతిలో ప్రపంచాన్ని వీక్షించాడు. అతని చొక్కా అంచు నెత్తిమీద ఆడుతున్నది.

'' 'ఏదో గొప్ప పొరబాటు జరిగింది. ఏం జరిగిందో దేవుడికే తెలియాలి....' అనుకున్నాడు ఫాధరింగే....

''తన మహిమ బెడిసికొట్టిందని ఫాధరింగేకు స్పష్టమయింది. దానితో అతనికి అద్భుతాలంటే అసహ్యం పుట్టుకొచ్చింది. మబ్బులన్నీ కూడి ఆ సమయానికి చంద్రుణ్ణి కప్పెయ్యటంవల్ల చీకటైపోయింది. ఆగి ఆగి యమబాధ కలిగించే వడగళ్ల తెరలు రాసాగాయి. గాలి హోరు, నీటిహోరు భూమ్యాకాశాలని నింపాయి. చెయ్యి అడ్డుపెట్టుకొని ధూళిగుండా గాలికెదురు చూసేసరికి, మెరపుల కాంతిలో బ్రహ్మాండమైన నీటికెరటం తనకేసివస్తూ కనిపించింది.

" 'ఆగు! నీకు పుణ్యం వుంటుంది. ఆగు!' అన్నాడు ఫాధరింగే నీటి కెరటంతో. ఉరుముల, మెరుపులను కూడా 'ఒక క్షణం, ఆగండి....' అని ఆజ్ఞాపించాడు.

"అతను అలాగే వంగి కాళ్లమీద చేతులమీద నిలబడి.... పరిస్థితి బాగు చెయ్యడానికి తీవ్రంగా ఆలోచించసాగాడు.

" 'ఆ, నేను చెప్పబోయేది 'పట్టు' అన్నదాకా జరుగ కూడదు. అయితే ఇప్పుడు — ఇదిగో చెబుతున్నా! నేనింతకు ముందన్నమాట మరువవద్దు. మొదటి సంగతి, నా మాటలు పూర్తి అయిన తరువాత నాకున్న మహిమ పోవాలి. నా కోరికలు ఇతరుల కోరికల లాటివే కావాలి. యీ ప్రమాదాలు నిలిచి పోవాలి. రెండో సంగతి ఏమిటంటే.... అద్భుతాలు ప్రారంభం కాకముందు అంతా ఎలా ఉండిందో తిరిగి అలాగే మారాలి.... అద్భుతాలు వద్దు. అంతా ఎప్పటిలాగుండాలి. నేను నా అర పైంటు తాగడానికి ముందు లాంగ్ డ్రాగన్‌లో ఎలా వున్నానో అలా వుండాలి.' "

# విమాన బట్వాడా

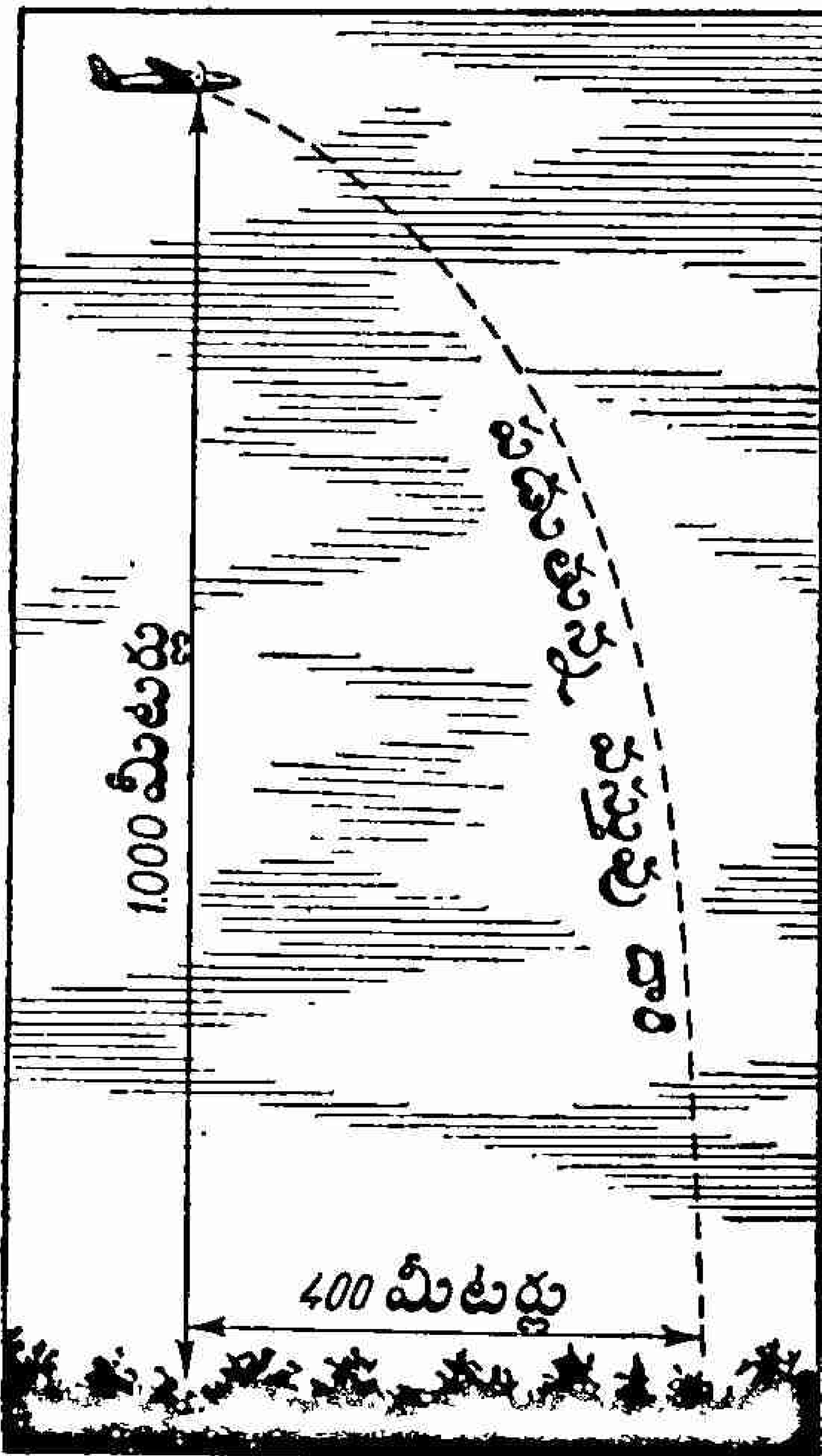
మీరు ఆకాశంలో జోరుగా ఎగిరే విమానంలో వున్నారనుకోండి. కిందికి చూస్తే పరిచయమున్న ప్రదేశాలు కనిపిస్తాయి — మీ స్నేహితుడి ఇల్లు సమీపిస్తున్నది. అతనికొక సందేశం పంపిస్తే బాగుంటుందని మీకు తోస్తుంది. గబగబా కాగితంమీద నాలుగు ముక్కలు గీకి కాగితాన్ని ఒక బరువైన వస్తువుకు (ముందుముందు 'బరువు' అందాం) తగిలించి విమానం తిన్నగా మీ స్నేహితుడి ఇంటి పైకి రాగానే దాన్ని పడవేస్తారు.

అది మీ స్నేహితుడి ఇంటి ఆవరణలో సూటిగా పడుతుందని మీరు పూర్తిగా నమ్ముతారు. ఇల్లు, ఆవరణ సూటిగా మీకు దిగువన ఉన్నప్పటికీ, అది అక్కడ పడనే పడదు.

విమానంనుంచి పడేటప్పుడు ఆ బరువును శ్రద్ధగా గమనించినట్టయితే మీకొక విచిత్రం కంటపడుతుంది. పడేటప్పుడు అది విమానానికి దిగువగా విమానం వెంబడే కదులుతూ కనబడని దారంతో విమానానికి సంధించి వున్నట్టుగా కనబడుతుంది. చివరకు అది నేలను తాకినప్పుడు లక్ష్యానికి చాలా ముందుగా పడుతుంది.

ప్రయాణానికి బెర్జిరాక్ ఇచ్చిన సలహా పాటించడం అసంభవం కావడానికి కారణభూతమైన ఇనర్షియా సూత్రమే ఇక్కడ కూడా ప్రస్ఫుటమవుతుంది. బరువు విమానంలో వున్నప్పుడది విమానంతో బాటే కదులుతూ వుండింది. కిందికి విడిచినప్పుడది విమానంనుంచి వేరైనప్పటికి దాని తొలి వేగాన్ని పోగొట్టుకోదు. పడుతూ కూడా అది గాలిలో మునుపటి దిక్కుగానే నడుస్తుంది. బరువు ఒకే కాలమందు అడ్డంగాను నిలువుగాను కదలటంవల్ల

యీ రెండు కదలికలు ఏకమై బరువుకిందకు రాలే మార్గం ఒక వక్రరేఖగా ఏర్పడుతుంది. యీ లోపుగా విమానం ప్రక్కకు తిరగడంగాని, వేగం హెచ్చడంగాని జరగకపోతే యీ వక్ర మార్గం విమానమార్గానికి దిగువగా వుంటుంది. కొద్దిలో చెప్పాలంటే క్షితిజ సమాంతరంగా విసిరిన వస్తువుపోయేటటువంటి వక్రమార్గంలోనే బరువుపోతుంది. ఉదాహరణకు—తుపాకిని అడ్డంగా పెట్టి పేల్చిన తూటా. వస్తువు చాపాకార మార్గాన వెళ్లి చివరకు నేలను తాకుతుంది.




చిత్రం 2. నడిచే విమానంనుంచి జారవిడిచిన బరువు సూటిగా పడక వంకర దారిలో కింద పడుతుంది.

పైన చెప్పినదంతా వాయునిరోధం లేని పక్షంలోనే పూర్తిగా నిజమవుతుందని విషయం గుర్తుంచుకోండి. వాస్తవానికి వాయునిరోధం అడ్డంగా కదలడానికి, నిలువుగా కదలడానికి కూడా అడ్డొస్తుంది. అందుచేత బరువు విమానానికి సూటిగా దిగువన ఉండక క్రమంగా వెనక పడి పోతుంది.

విమానం ఎత్తుగా వుండి, దాని వేగం హెచ్చుగా వుంటే బరువు లంబ లక్ష్యానికి ఎక్కువ ఎడంగా పడుతుంది. గాలి నిశ్చలంగా వున్న సమయంలో వెయ్యి మీటర్ల ఎత్తున గంటకు 100 కిలోమీటర్ల వేగంతో వెళ్లే విమానంమీద నుంచి జారవిడచిన బరువు విమానానికి సూటిగా దిగువనున్న ప్రదేశానికి 400 మీటర్ల ముందుగా పడుతుంది. (చిత్రం 2.)

వాయునిరోధాన్ని ఉపలక్షించినట్టయితే యీ విషయం సులువుగా గణించవచ్చు. స్థిరమైన త్వరణముతో కూడుకొన్న గమనం వున్నప్పుడు ఒక వస్తువు కొంత కాలంలో ఎంత దూరం పోయేది నిర్ణయించే $S=\frac{gt^2}{2}$ అనే సూత్రంనుంచి పతన కాలం $t=\sqrt{\frac{2S}{g}}$ (అనగా, $g$ — గురుత్వాకర్షణ త్వరణము$=9.8$ మీ/సె$^2$) అనే సూత్రాన్ని వ్రాయొచ్చు. అంటే ఒక రాయి 1,000 మీటర్లు ఎత్తునుంచి కింద పడటానికి $\sqrt{\frac{2\times1,000}{9.8}}$ లేక

14 సెకండ్లు పట్టుతుంది. యీ సమయంలో ఆ రాయి ముందుకు వెళ్లేదూరం

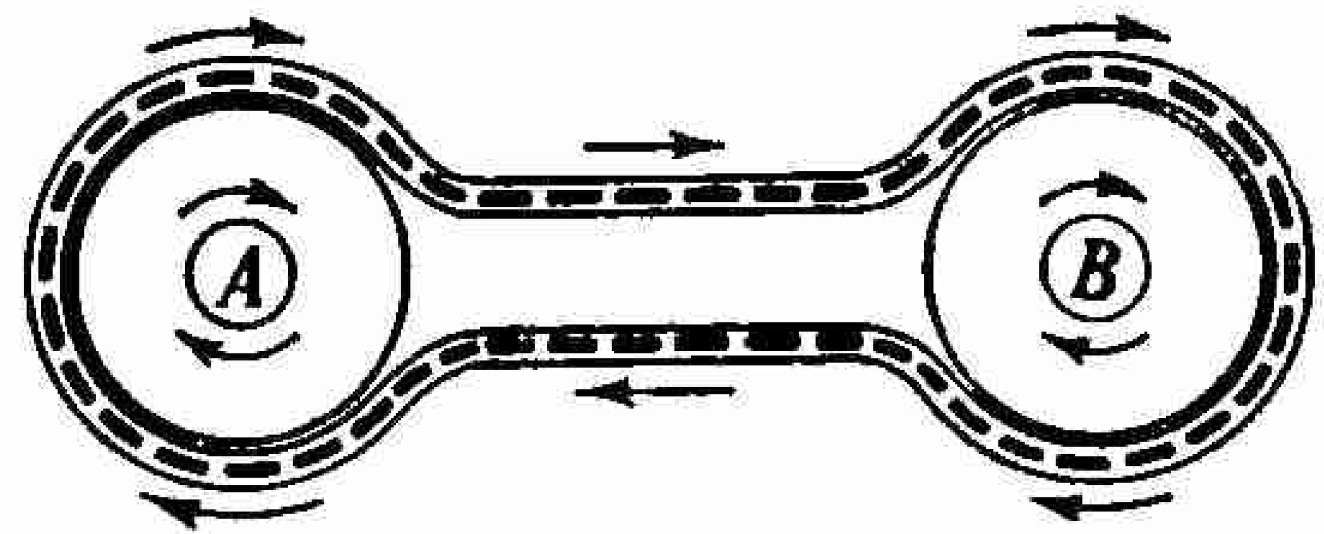
$$\frac{1,00,000}{3,600} \times 14 = 390 \text{ మీటర్లు.}$$

## ఆగని రైలు

మీరు కదలికలేని స్టేషను ప్లాటుఫారంమీద నిలబడి ఉండి పక్కగా వెళ్లే ఎక్స్‌ప్రెస్ బండిని అందుకొని ఎక్కడం పెద్ద ఫీటు అనే చెప్పాలి. కాని ప్లాటుఫారం కూడా కదులుతున్నదని, ఆ రైలు వెళ్లే దిక్కుగానే రైలంత వేగంతో కదులుతున్నదనుకోండి. అప్పుడా రైలులోకి దూకడం కష్టమా?

ఎంత మాత్రమూ కాదు. ఆగి ఉన్న రైలులోకి ఎక్కడం ఎంత తేలికో ఇదీ అంత తేలికే. మీరూ రైలూ కూడా ఎప్పుడయితే ఒకే దిక్కుగా ఒకే వేగంతో కదులుతున్నారో అప్పుడు మీకు సంబంధించినంతవరకు (సాపేక్షంగా) రైలుకు చలనం లేనట్టే. రైలు చక్రాలు గిరగిర తిరుగుతూంటాయి నిజమే, కాని మీకు అవి ఒకే చోట తిరుగుతున్నట్టు అనిపిస్తుంది. నిజం చెప్పాలంటే మనం కదలడం లేదనుకొనేవన్నీ — ఉదాహరణకు, స్టేషనులోకి వచ్చి ఆగిన రైలు లాటివి — సూర్యుని చుట్టూ, భూమియొక్క అక్షము చుట్టూ మనతో బాటు వాస్తవంగా కదులుతూన్నవే. అయితే యీ కదలిక మనని ఏవిధంగానూ బాధించదు కనుక మనం ఉపేక్షించగలం.

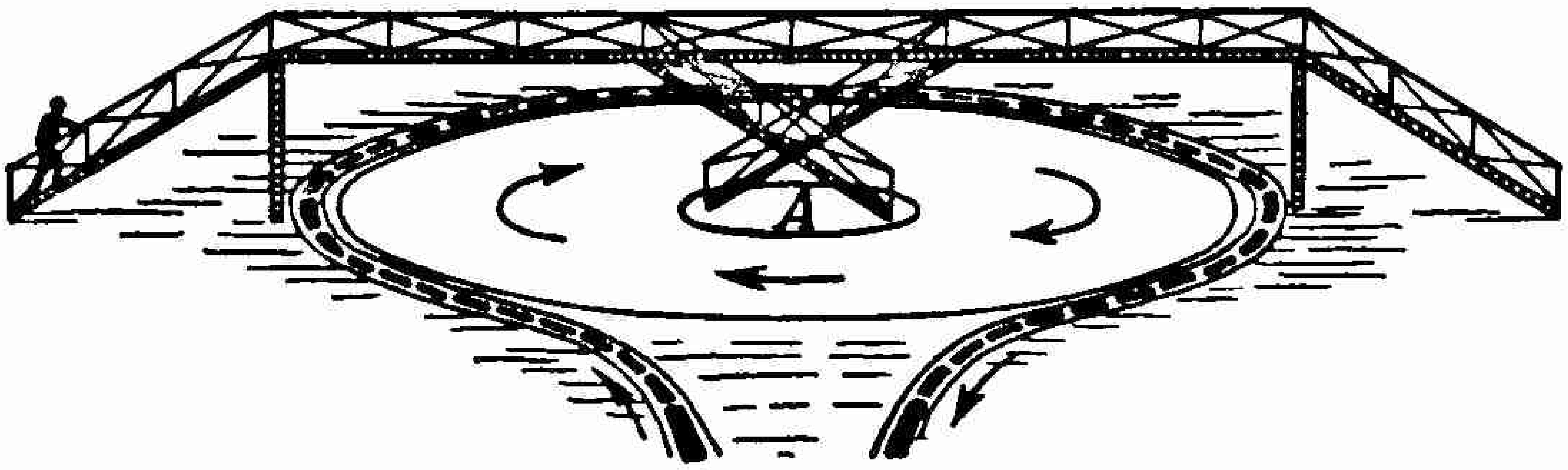
అందుచేత (క్రియాత్మక దృష్టితో చూస్తే) స్టేషనులో ఆగకుండా వెళ్లే రైలులో నించి జనం దిగడంగాని అందులోకి ఎక్కడంగాని అసంభావ్యమేమి కాదు.




చిత్రం 3. A, B స్టేషన్ల మధ్య ఆగకుండా నడిచే రైలు మార్గం బొమ్మ. అది ఎలా పనిచేసేది తరవాతి బొమ్మలో చూడండి.

చూడవచ్చేవారు చూడదగినదంతా శ్రమ లేకుండా త్వరగా చూడగలందులకు అతి విశాలమైన ఎగ్జిబిషనులు, వేడుక ప్రదర్శనలు జరిగే చోట్ల సాధారణంగా అలాటి ఏర్పాట్లు చేస్తారు. ప్రదర్శన స్థలపు చివరి భాగాలను కలుపుతూ "అంతులేని" రైలు మార్గం ఉంటుంది. రైలు గమనంలో ఉండగా ఎక్కడపడితే అక్కడ ఎప్పుడుపడితే అప్పుడు ఎక్కేవాళ్లు రైలు పెట్టెలోకి ఎక్కవచ్చు. దిగేవారు దిగవచ్చు.

యీ చిత్రమయిన ఏర్పాటు గురించి చిత్రాలు 3, 4 ద్వారా కొంత తెలుస్తుంది. చిత్రం 3 లో A, B లు రెండూ రెండు చివరలు. ఒక్కొక్క చివర ఒక విశ్చలమయిన




చిత్రం 4. ఆగకుండా నడిచే రైలుతాలూకు స్టేషను.

వలయాకారంగల ప్లాటుఫారం ఉంటుంది. దానిచుట్టూ రింగు ఆకారంలో మరొక తిరిగే పెద్ద ప్లాటుఫారం ఉంటుంది. యీ కదిలే ప్లాటుఫారాలను కలిపి చుట్టుతూ ఒక మోకు ఉంటుంది. ఆ మోకుకు రైలు పెట్టెలు తగిలించి ఉంటాయి. ఇప్పుడు వెలుపలి ప్లాటుఫారాలు తిరిగేటప్పుడు ఏమౌతుందో గమనించండి. ప్లాటుఫారాలు అంచులు కదిలే వేగంతోనే యీ రైలు పెట్టెలు కూడా కదుల్తాయి. అందుచేత ప్రయాణీకులు పెట్టెం లోనుంచి ప్లాటుఫారముమీదికి గాని ప్లాటుఫారంమీదనుంచి పెట్టెలలోనికి గాని నిరపాయంగా మారవచ్చు. పెట్టెలోనుంచి దిగిన వాడు కదిలే ప్లాటుఫారంమీదుగా మధ్యనుండే కదలని ప్లాటుఫారం కేసి నడుస్తాడు. కదిలే ప్లాటుఫారం లోపలి అంచుయొక్క వ్యాసార్థం చాల తక్కువ కాబట్టి దాని వర్తులవేగం కూడా చాలతక్కువ. కనుక అక్కడినుంచి కదలని ప్లాటు ఫారంమీదికి అడుగుపెట్టడం తేలిక పని.* కదలని లోపలి ప్లాటుఫారంమీదికి వచ్చిన ప్రయా ణీకుడు రైలు మార్గము వెలుపలి ప్రాంతానికి చేరుకోవడానికి ఓవరు బ్రిడ్జి ఉంటుంది.** (చిత్రం 4.)

చీటికి మాటికి ఆగడం వుండదు కనుక కాలము, చలనశక్తి చాలా "ఆదా" అవుతాయి. ఉదాహరణకు ట్రాములు నడవటానికి వ్యయమయ్యే శక్తిలో మూడింట రెండు వంతులు,

---

*కదిలే ప్లాటుఫారం వెలుపలి అంచున పెద్దవలయం చుట్టి రావటానికి ఎంతకాలం పడుతుందో లోపలి అంచున చిన్నవలయం చుట్టటానికి అంతకాలమూ పట్టుతుంది కనుక ఇక్కడి వేగం చాల తక్కువ గావడం సహజమే.

**ఈ ప్లాటుఫారం తిరగడం మరీ వేగంగా తిరుగుతే ఆ కేంద్రప్రసారణశక్తి ఫలితంగా ప్రయాణీకులు ప్లాటుఫారం మీదనుంచి పడిపోతారనే విషయాన్ని రచయిత ఇక్కడ లెక్కలోకి తీసుకోలేదు. — సం.

పోలేడంత కాలము వ్యయమయ్యేది క్రమమైన వేగవృద్ధితో కదలటంలోను, వేగం తగ్గి ఆగడంలోను మాత్రమేనన్నది వాస్తవం.*

కదిలే రైలులో ప్రయాణీకులు ఎక్కడానికి దిగడానికి స్టేషన్లలో కదిలే ప్లాటుఫారాలు కూడా అవసరం లేదు. మామూలు కదలని ప్లాటుఫారం పక్కగా ఎక్స్‌ప్రెస్సు బండి వేగంగా పోతున్నదనుకోండి. అది ఆగకుండానే ప్రయాణీకులను అందులోకి ఎక్కించాలి. అందుకు గాను ప్రయాణీకులు అదనంగానున్న పక్కపట్టాలమీద నిలిచి వున్న మరొక రైలులో కూర్చున్నారనుకుందాం. యీరైలు కదలనారంభించి ఎక్స్‌ప్రెస్సుతో సమమైన వేగం అందుకొని రెండు రైళ్లు పక్కపక్కగా పరుగెత్తేటప్పుడు వాటి మధ్య సాపేక్ష చలనం వుండదు. అప్పుడు రెండు రైళ్ల పెట్టెల మధ్య సంధాన మార్గాలు అమర్చి అదనపు రైలు నుంచి ప్రయాణీకులు అసలు రైలుకు నిర్భయంగా మారవచ్చు. అప్పుడు రైలు బళ్లు స్టేషన్‌లలో ఆగనవసరం వుండదు.

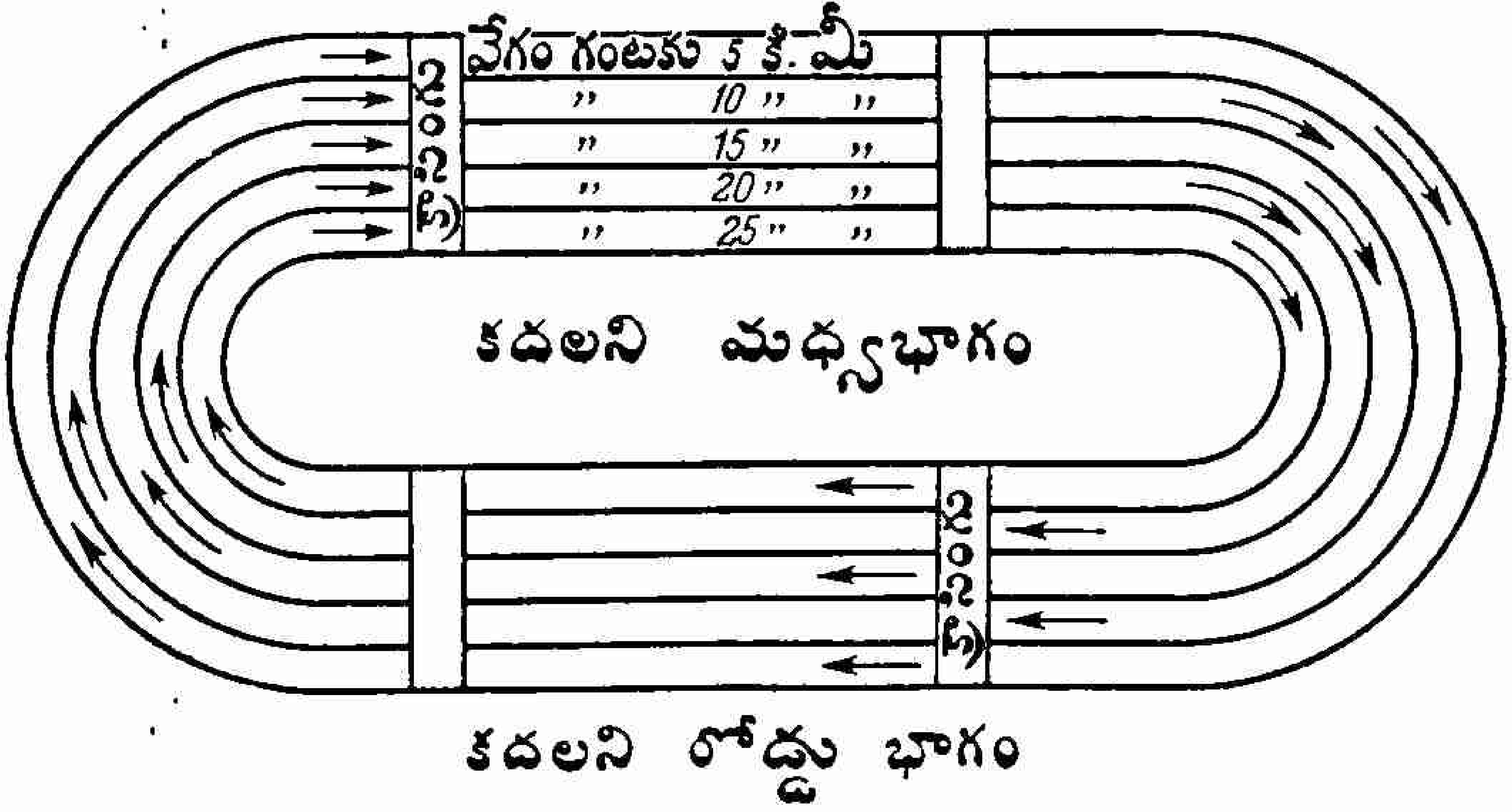
## కదిలే పేవ్మెంట్లు

ఇప్పటిదాకా ఎగ్జిబిషన్లలో మాత్రమే ఉపయోగపడుతున్న ఏర్పాటు — కదిలే పేవ్మెంట్లు కూడా సాపేక్షచలన సూత్రంమీద ఆధారపడినదే. కదిలే పేవ్మెంట్లు మొట్టమొదటిగా 1893 లో చికాగో ప్రపంచ ప్రదర్శనంలో అవతరించాయి. తిరిగి 1900 లో పారిస్ ప్రపంచ ప్రదర్శనంలో కూడ కదిలేగట్లు పెట్టారు.

అటువంటి ఏర్పాటు చిత్రం 5 లో చూపబడింది. ప్రత్యేక యంత్రాంగ సహాయంతో వేరువేరు వేగాలతో కదులుతూ ఒక దానిలో ఒకటిగా 5 వరుసల పేవ్మెంట్లు వున్నాయి. వెలుపలిగట్టు చాలా తక్కువ వేగంతో కదులుతుంది. దాని వేగం గంటకు 5 కిలోమీటర్లు. ఇది మన మామూలు నడక వేగమే కనుక దానిపైకి ఎక్కడం తేలికయిన పని. రెండవ గట్టు గంటకు 10 కిలోమీటర్ల వేగంతో కదులుతుంది. కదలని రోడ్డుమీదనుంచి దీనిమీదకి దూకడం అపాయకరమేగాని మొదటి గట్టుమీదనుంచి దీనిమీదకి రావటం తేలికే. ఎందుకంటే

---

*ట్రాములు వేగం తగ్గినప్పుడు వాటి ఎలక్ట్రిక్ మోటార్లను డైనమోలుగా పనిచేయించి తద్వారా ఉత్పత్తి అయ్యే శక్తిని మెయిన్ లైనులకు పంపి నష్టమయ్యే చలనశక్తిని పూడ్చడానికి వీలున్నది. ఇలాగే చేసి షార్లటన్‌బర్గులో (బెర్లిన్ శివార్లలో) ట్రాములక్రింద వ్యయమయ్యే విద్యుచ్ఛక్తిలో 30 శాతం ఆదా చేస్తున్నారు. [వ్లదివొస్తోక్ — మాస్కో ఎలక్ట్రిక్ రైల్వేలలో ఇప్పుడీ పద్ధతి విరివిగా అమలు జరుగుతున్నది.] — గ్రంథకర్త వివరణ.




చిత్రం 5. కదిలే పేవ్మెంట్లు.

మొదటిది 5 కిలోమీటర్ల వేగంతో కదులుతుంది కనుక 10 కిలోమీటర్ల వేగంతో కదిలే రెండవది మొదటి దానితో పోల్చితే 5 కిలోమీటర్ల వేగంతోనే కదులుతుంది. అంటే నేలమీదనుంచి మొదటి గట్టుమీదకి రావడం ఎంత తేలికో మొదటి గట్టుమీదనుంచి రెండవదాని మీదకు రావటం అంత తేలికే. మూడవది గంటకు 15 కిలోమీటర్ల వేగంతో కదులుతుంది. కాని దీని మీదకి రెండవ దానిమీదనుంచి రావడం కూడా అంత కష్టమేం కాదు. అలాగే మూడవ దానినుంచి 20 కి.మీ. వేగంగల నాల్గో గట్టుకు, దానినుంచి 25 కి. మీ. వేగంగల అయిదో దానికి మారటం తేలిక. ఈ అయిదో గట్టుమీదనుంచి గమ్య స్థానాన్ని చేరవచ్చు. అక్కడనుంచి ఒక్కో గట్టును దాటుకుంటూ కదలని నేలపైకి వచ్చేయ వచ్చు. [భవిష్యత్తులో నగరపు వీధులిలాగే ఉంటాయని కార్లు మొదలగు వాహనాలుండవని హెచ్. జి. వెల్స్ ఒక రచనలో ఊహించాడు. — అను.]

## జటిల సూత్రము

న్యూటన్ ప్రతిపాదించిన గతిశాస్త్ర (డైనమిక్సు) మూలసూత్రాలు మూడింటి లోకి హెచ్చుగా చిక్కు పెట్టేది మూడోది—ప్రసిద్ధమైన "క్రియా ప్రతిక్రియ సూత్రం." ఇది అందరికీ తెలిసినదే. కొందరు కొన్ని సందర్భాలలో దీనిని సరిగా వినియోగపరచగలరు కూడాను. కాని దానిని సమగ్రంగా అవగాహన చేసుకొనేవారు అరుదు. ఒక వేళ దాని అంతరార్థం మీకు మొదటిసారే అవగాహన అయిందేమో, కాని నా మాటుకు నేను దాన్ని పూర్తిగా అవగతం చేసుకోవడానికి పదేళ్ళు పట్టిందని ఒప్పేసుకుంటున్నాను.

ఈ సూత్రం గురించి నేను చర్చించినవారిలో చాలమంది దాని యధార్థాన్ని అంగీకరించారు కాని కొన్ని ముఖ్యమైన మినహాయింపులు ప్రతిపాదించారు. ఆ సూత్రం నిశ్చలంగా ఉండే వస్తువులకు వర్తిస్తుందని వారు నిశ్శంకగా వప్పుకుంటారు కాని కదిలే వస్తువుల మధ్య ఏర్పడే ప్రతిక్రియ విషయంలో అది ఎలా వర్తించేది వారర్థం చేసుకో లేరు.... ఈ సూత్రం ప్రకారం ప్రతీ క్రియకు దానికి తుల్యము వరాఙ్ముఖము అయిన ప్రతిక్రియ ఉంటుంది. అందుచేత గుర్రం బండిని లాగితే అదే శక్తితో బండి కూడా గుర్రాన్ని వెనక్కి లాగాలి. అలాంటప్పుడు బండి ఉన్నచోటనే వుండాలి కదా? కాని అది కదులుతుందే! ఈ రెండు శక్తులు సమానమైనవైతే ఒకదానినొకటి రద్దు చేసుకోవెందుచేత?

ఈ సూత్రం ప్రస్తావించినప్పుడల్లా అలాటి అనుమానాలు ఉత్పన్నమవుతాయి. అంటే, ఈ సూత్రం సరికాదని అర్థమా? కాదు అది నిశ్శంకగా సరియైనది. మనం ఈ సూత్రాన్ని అర్థం చేసుకోవడంలో పొరపడుతున్నాం అంతే. రెండు శక్తులు ఒక దాన్నొకటి రద్దు చేసుకోకపోవడానికి కారణం అవి భిన్న వస్తువులమీద ప్రయోగితం కావడమే. ఒకటి బండిమీద, రెండవది గుర్రంమీద. శక్తులు రెండు సమానమే ననడానికి సందేహంలేదు. కాని సమమైన శక్తులు ఎల్లప్పుడు ఒకే క్రియను కలిగిస్తాయా? ఒకే ప్రమాణంగల శక్తి అన్ని వస్తువులలోను ఒకే వేగవృద్ధిని కలిగిస్తుందా? ఒక వస్తువుపై శక్తి కలిగించే క్రియ ఆ వస్తువుకు అనుగుణంగా వుంటుంది కదా? ఆ శక్తికి ఆ వస్తువు చూపే ప్రతికారము పైన కూడా ఆధారపడుతుంది కదా?

ఒక్కసారి ఆలోచించి చూసుకున్నట్లయితే, బండి గుర్రాన్ని అదే శక్తితో వెనక్కి లాగుతున్నప్పటికీ, గుర్రం బండిని ఎందుకు ముందుకు ఈడ్చుకుపోగలుగుతుందో గ్రహించ గలుగుతారు. ఏ క్షణానయినా బండిమీద ప్రయోగించబడిన శక్తి, గుర్రంమీద ప్రయోగించ బడిన శక్తీ ఒకే ప్రమాణంలో వుంటాయి. కాని బండి చక్రాలపైన స్వేచ్ఛగా కదలగలదు, గుర్రమేమో నేలకు కాళ్ళు ఊన్చి తోస్తుంది. కనుక బండి గుర్రంలాగే వైపు కదులుతుంది. అదలావుండగా గుర్రంయొక్క చాలనశక్తికి బండియొక్క "ప్రతిక్రియ" లేకనేపోతే, ఒక చిన్న తోపుతోనే బండి కదిలిపోతుంది. కనుక గుర్రంతో పనే వుండదు. బండియొక్క ప్రతిక్రియను అధిగమించడానికే గుర్రం అవసరం.

"క్రియా ప్రతిక్రియా సమంగా వుంటాయి" అనే అతి కురచ రూపంలో కంటే ఈ సూత్రాన్ని ఇంకోవిధంగా, ఉదాహరణకి "క్రియాన్వితమైన శక్తికి ప్రతిక్రియగా పనిచేయు శక్తి సమానము" అని చెప్పినట్టయితే విషయం మరింత బాగా బోధపడి తక్కువ అనుమానాలకు తావిస్తుంది. నిజానికి సమానమైన శక్తులు మాత్రమే క్రియలు ("శక్తియొక్క క్రియ" అంటే వస్తువుయొక్క చలనమని అర్థం చేసుకొనేమాటయితే) మాత్రం

సమానం కావు. ఎందుచేతంటే ఒకే ప్రమాణంగల శక్తులు వేర్వేరు వస్తువులమీద పని చేస్తున్నాయి.

1934 ఫిబ్రవరిలో "చెల్యూస్కిన్" అనే సోవియట్ నౌక ఆర్కిటిక్ మంచు గడ్డలో "అప్పచ్చి" అయిపోయింది. అలా ఎందుకైనదీ న్యూటన్ మూడో సూత్రం వివరిస్తుంది. "చెల్యూస్కిన్" నౌక "కడుపును" మంచుగడ్డ నొక్కినప్పుడు అది మంచుగడ్డను అంత శక్తితోను ఎదురునొక్కింది. ఇక ప్రమాదం జరిగినదెందుకంటే మంచుగడ్డ సాంద్రంగా వుండి ఈ నొక్కుడుకు పగిలిపోకుండా తట్టుకోగలిగింది. కాని డొల్లగా వుండే నౌక ఉక్కుతో చేసినదైనప్పటికీ శక్తికి తట్టుకోలేక నొక్కుకుపోయింది. ("చెల్యూస్కిన్" ప్రమాదానికి గల కారణాల గురించి ముందు మరికొన్ని విషయాలు తెలుస్తాయి, చూ. 49 వ పుట.)

పతనమయేటప్పుడు కూడా వస్తువు ప్రతిక్రియా సూత్రానికి కట్టుబడే వుంటుంది. అయితే క్రియా ప్రతిక్రియా అనేవి చప్పున స్ఫురించవు. భూమియొక్క గురుత్వాకర్షణవల్ల పండు పడుతుంది. అలా పడే పండు కూడా భూమిని అదే శక్తితో తనకేసి ఆకర్షిస్తుంది. నిక్కచ్చిగా చెప్పాలంటే పండూ, భూమీ ఒక దానికేసి ఒకటి పతనమవుతాయి. కాని వాటి పతన వేగాలు వేరు. పరస్పరాకర్షణ శక్తులు రెంటికీ సమమేగాని వాటి ఫలితంగా పండు 9.8 మీ/సె$^2$ వేగవృద్ధి పొందుతుంది. భూమియొక్క వేగవృద్ధి ఎంత వుంటుందంటే, పండుకన్న భూమిద్రవ్యరాశి ఎన్ని రెట్లు ఎక్కువుంటే పండు పొందే వేగవృద్ధిలో అన్నిరెట్లు తక్కువ వుంటుంది. పండు బరువుతో పోల్చితే భూమి బరువు ఎన్ని రెట్లుండేది మనం ఊహించను కూడా లేం. అందుచేత భూమి పొందే వేగవృద్ధి ఎంత సూక్ష్మాతి సూక్ష్మమంటే దానిని మనం పరిగణించనవసరం లేదు. అందుచేతనే మనం పండు భూమి మీద పడుతుందంటాం కాని పండు, భూమి ఒక దానిపైనొకటి పడతాయనం.

## వీరుడు స్వ్యతొగోర్ వినాశానికి కారణం

రష్యన్ జానపద గాథలలో ఒక దానిలో స్వ్యతొగోర్ అనే మేటివీరుడు భూమిని ఎత్తడానికి ప్రయత్నిస్తాడు. ఈ సాహసకార్యాన్నే సాధించడానికి ఆర్కిమిడీస్ కూడా సిద్ధంగా ఉన్నట్లు మరొక కథ కూడా వున్నది. ఆయనకు కావలసినదల్లా భూమిని ఎత్తడానికి తన తులాదండాన్ని ఆన్చేందుకు ఆధారం మాత్రమే. స్వ్యతొగోర్ మహా బలశాలి గనుక దండమూ ఏమీ అక్కర లేదు అన్నాడు. అతనికి కావలసినది చేతులకు మంచి పట్టు మాత్రమే. ఈకింది విధంగా సాగుతుంది ఆ కథలో:

"పట్టు దొరికితే చాలు, ప్రపంచాన్నెత్తుతాను" అంటూ
స్వ్యతొగోర్ తన గుర్రంమీదనుంచి దిగాడు
సంచీని రెండుచేతులా పట్టాడు.
తన మోకాళ్లదాకా ఎత్తాడు
అతని ముఖాన కన్నీరు కాదు, రక్తధారలు
భూమిలోకి దిగిపోయి పైకిరాలేకపోయాడు
అలా మరణించాడతను.

క్రియా, ప్రతిక్రియా సూత్రం ఎరిగివుంటే స్వ్యతొగోర్ తాను భూమిపై ప్రయోగించే శక్తికి సమమైనది, బ్రహ్మాండమైనదీ అయిన శక్తి భూమి తనపైన ప్రయోగిస్తుందని, దానివల్ల తాను భూమిలో కూరుకుపోతానని తెలుసుకొని వుండేవాడే.

ఏమయినప్పటికీ, భూమికి పీడనం కలిగిస్తే భూమియొక్క ప్రతిక్రియ ఎలావుండేది ఎంతోకాలంక్రితమే గమనించబడినదనడానికి ఈ కథే ఆధారం. న్యూటన్ తన అమరగ్రంథం "ప్రిన్సిపియా" లో ఈ ప్రతిక్రియా సూత్రాన్ని ప్రతిపాదించడానికి అనేక వేల ఏళ్ళ పూర్వమే ప్రజలు ఆ సూత్రాన్ని తమకి తెలీకుండానే ఉపయోగంలో పెట్టారు.

## ఆధారం లేకుండా కదలగలమా?

నడిచేటప్పుడు మనం నేలను కాళ్లతో తోసేస్తాం. కాళ్లతో తొయ్యడానికి వీలులేని అతి నున్నని నేలపైగాని మంచుగడ్డ కట్టుకుపోయిన నేలపైన గాని మనం నడవ లేమనే చెప్పాలి. రైలు ఇంజను పట్టాలను నడిపే చక్రాలతో తోస్తుంది. కాని పట్టాలకు చమురు పూసినట్లయితే ఇంజను ముందుకు కదలలేదు. ఒక్కొక్కప్పుడు నేలమీద పడిన మంచు గడ్డకట్టిపోయినప్పుడు రైలు ఇంజను చక్రాల ముందు పట్టాలపైన ప్రత్యేకమైన ఏర్పాటు సహాయంతో ఇసుక పోసి రైలు కదిలేలాగు చేస్తారు. రైలు కొత్తగా వచ్చిన రోజులలో చక్రాలు పట్టాలను వెనక్కు తోసి నడవాలనే పట్టాలకి పళ్ళూ చక్రాలకి గాడీలు వుండేవి. పడవలు ముందుకు పోవడానికి తెడ్లుగల ప్రొపెల్లరుగాని స్క్రూ-ప్రొపెల్లరుగాని నీటిని తోస్తాయి. విమానం కూడా స్క్రూ-ప్రొపెల్లరుతో గాలిని తోస్తుంది. ఇంతెందుకు ఏయానకంలో ఏవస్తువు కదిలినా అది కదలడానికి ఆ యానకం ఆధారం అవుతుంది. కాని తనకు వెలుపల ఏ ఆధారమూ లేకుండానే ఏవస్తువైనా కదలగలదా?

అలాటి గమనాన్ని సాధించడం మన జుట్టు పట్టుకొని మనలిని మనమే పైకిఎత్తే ప్రయత్నంలాగ ఉంటుందని అనిపిస్తుంది కదూ. అయినప్పటికీ అసంభవం అనిపించే ఈ విధమైన కదలికను మనం తరచు చూస్తూనే వున్నాము. ఏ వస్తువూ తన అంతర శక్తుల

సహాయంతో మాత్రమే తాను మొత్తంగా కదలిపోలేదన్నది నిజమే. కాని ఆ వస్తువు తనలో ఒక భాగం ఒక దిక్కుకు మిగిలిన భాగం దానికి విరుద్ధంగా కదలేటట్టు చేయగలదు. రాకెట్లు (తారా జువ్వలు) సర్రుమని ఆకాశంలోకి లేవడం మీరు ఎన్నిసార్లు చూడలేదు కాని అవి పైకి ఎలా ఎగర గలుగుతున్నాయా అని ప్రశ్నించుకున్నారా? మనం ఇప్పుడు చర్చించే కదలికకు అది ప్రత్యక్ష తార్కాణం.

## రాకెట్టు పైకి ఎందుకు పోతుంది?

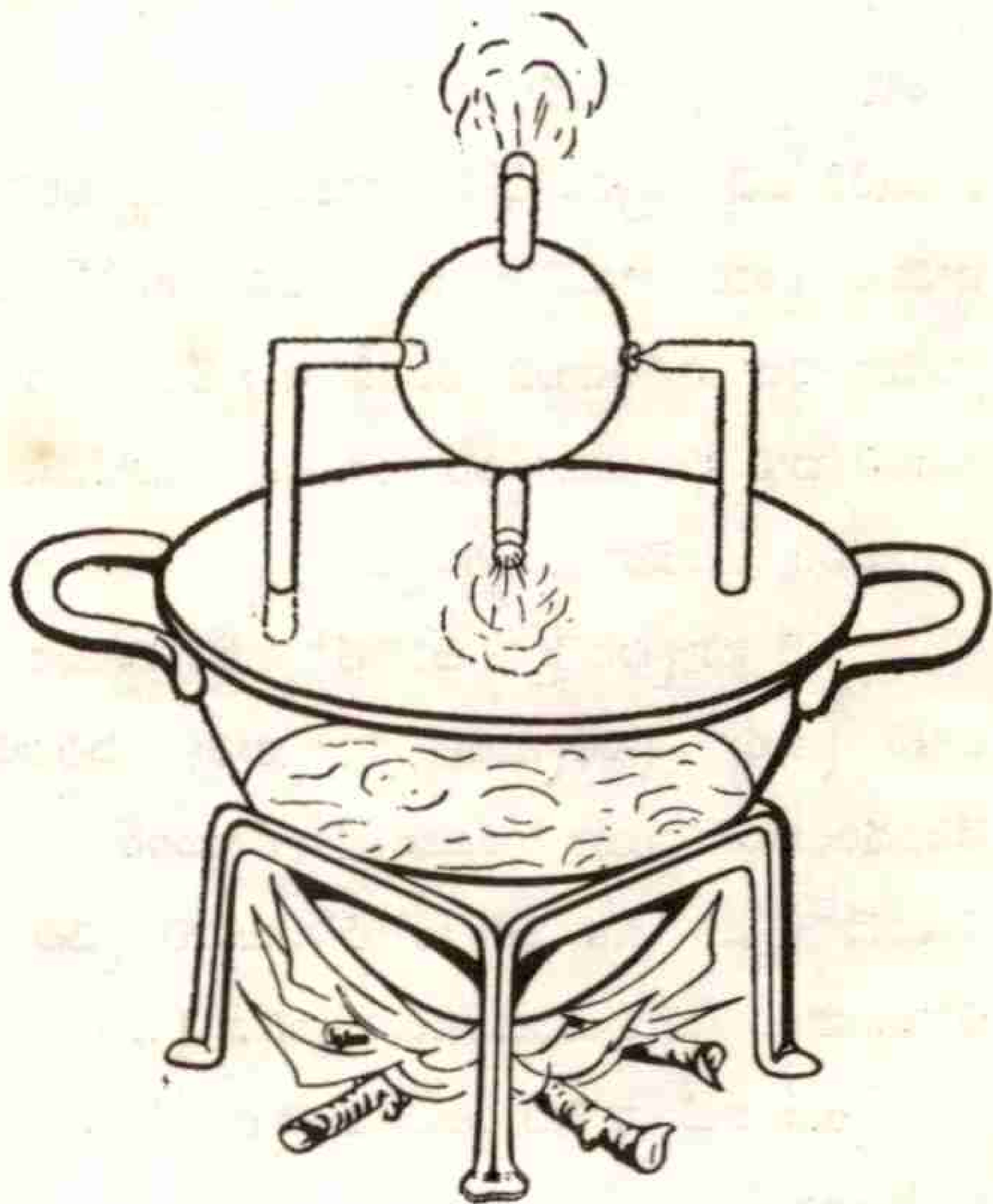
రాకెట్టు గమనాన్ని గురించి భౌతికశాస్త్ర విద్యార్థులు పైతము తప్పుగా వివరించడం మనం తరచు వింటాం. రాకెట్టులో వుండే మందుగుండు తగలబడటంవల్ల కలిగే వాయువుల సహాయంతో ఆ రాకెట్టు గాలిని తోసుకుంటూ పోతుందని వారంటారు. మన పూర్వీకులు అలాగే అనుకునేవారు. (రాకెట్లు అనాదిగా కనిపెట్టబడినవే.) ఇప్పటికి అనేకమంది అదే అభిప్రాయాన్ని అంటిపెట్టుకొని వున్నారు. కాని రాకెట్టును గాలిలేని శూన్యంలోకి పంపినా అది పోతుంది — గాలిలోకంటె వేగంగా కూడా పోతుంది. రాకెట్టు కదలికకు అసలు కారణం ఇంకొకటి. రెండవ అలెగ్జాండరు జారును చంప యత్నించినందుకు మరణశిక్ష పొందిన రష్యన్ విప్లవకారుడు కిబాల్చిచ్ మరణించబోతూ ఖైదులో వున్నప్పుడు రాకెట్టు గమనాన్ని తేలికగాను, సుబోధకంగాను వివరిస్తూ వ్రాసి, వాటిలో తాను సృష్టించిన ఎగిరే వాహనాన్ని వర్ణించాడు. అస్త్రంగా పనికి రాగల రాకెట్టు నిర్మాణపథకాన్ని వివరిస్తూ అతనిలా రాశాడు:

"ఒక పక్క మూసి రెండవ పక్క తెరిచి వుండే తగరపు సిలిండరులో దట్టమైన తుపాకి మందుతో చేయబడిన సిలిండరు దూర్చబడి దాని మధ్యలో పొడుగునా సన్నని రంధ్రము చేయబడుతుంది. తుపాకి మందు యీ రంధ్రపు లోపలి పక్క అంటుకొని వెలుపలి పక్కదాక దహనమవుతుంది. దహనం వల్ల వెలువడే వాయువులు అన్ని పక్కలా పీడనం కలిగిస్తాయి; పక్కల కలిగే పీడనాలు మొత్తంమీద రద్దు అవుతాయి గాని తగరపు సిలిండరులో మూయ బడినవైపు కలిగే పీడనానికి నిరోధం వుండదు — ఎందుకంటే రెండవవైపు వాయువులు వెలువడే అవకాశం వుంటుంది. అందుచేత ఆ పీడనం రాకెట్టును అంటించడానికి పూర్వం గన్నులో ఎటుగా దూర్చామో, ఆ దిక్కుగా ముందుకు తోస్తాయి."

ఫిరంగినుంచి గుండును పేల్చినప్పుడు జరిగేదే ఇక్కడ కూడా జరుగుతుంది. గుండు ముందుకు దూసుకుపోతుంది. ఫిరంగి వెనక్కు తోసుకుపోతుంది. రైఫిలులోగాని, ఆ మాటకు వస్తే మరేరకం పేలుడు ఆయుధంలోగాని ప్రతిచలనము (*recoil*) చూడండి;

ఫిరంగి నిరాధారంగా గాలిలో నిలబడి వుండగా గుండును పేల్చినట్టయితే ఫిరంగి వెనక్కి కదిలే వేగం గుండు వేగంలో ఎన్నోవంతు వుంటుందంటే గుండు ఫిరంగి ఎన్నోవంతు బరువో అన్నోవంతు. "తలకిందులు" అన్న జూల్స్ వెర్న్‌యొక్క కాల్పనిక నవలలో అమెరికనులు భూమియొక్క యిరుసును నిటారుగా చెయ్యడానికి బ్రహ్మాండమయిన ఫిరంగియొక్క ప్రతి చలనపు శక్తిని వుపయోగించాలని కూడా చూస్తారు.

రాకెట్టు కూడా ఒక ఫిరంగే, అయితే అది గుండ్లను వెలువరించ డానికి మారుగా దహన వాయువులను వెలువరిస్తుంది. బాణా సంచా వినోదా లలో "చైనా చక్రం" [ఒకవిధమైన "విష్ణు చక్రం" — అను.] అనబడేది తిరగడం మీరు చూసి వుండవచ్చు. అది తిరగటానికి కారణం ఇలాటిదే. చక్రం వెంబడే అమర్చిన గొట్టాలలో "మందు" కాలేటప్పుడు దహన వాయువులు ఒక దిక్కుగా వెలువడితే గొట్టాలు, వాటిని చేరి వున్న చక్రము రెండవ వైపుకు తిరుగుతాయి. నిజా నికిది "సెగ్నర్ చక్రం" అనే వుప కరణంయొక్క రూప భేదమే.



చిత్రం 6. ప్రపంచంలోకెల్లా పురాతనమైన ఆవిరియంత్రం లేక టర్బయిను. క్రీ. పూ. 200 ప్రాంతంలో అలెగ్జాండ్రియా వాసి హిరోన్ దీన్ని కనిపెట్టినట్టు చెపుతారు.

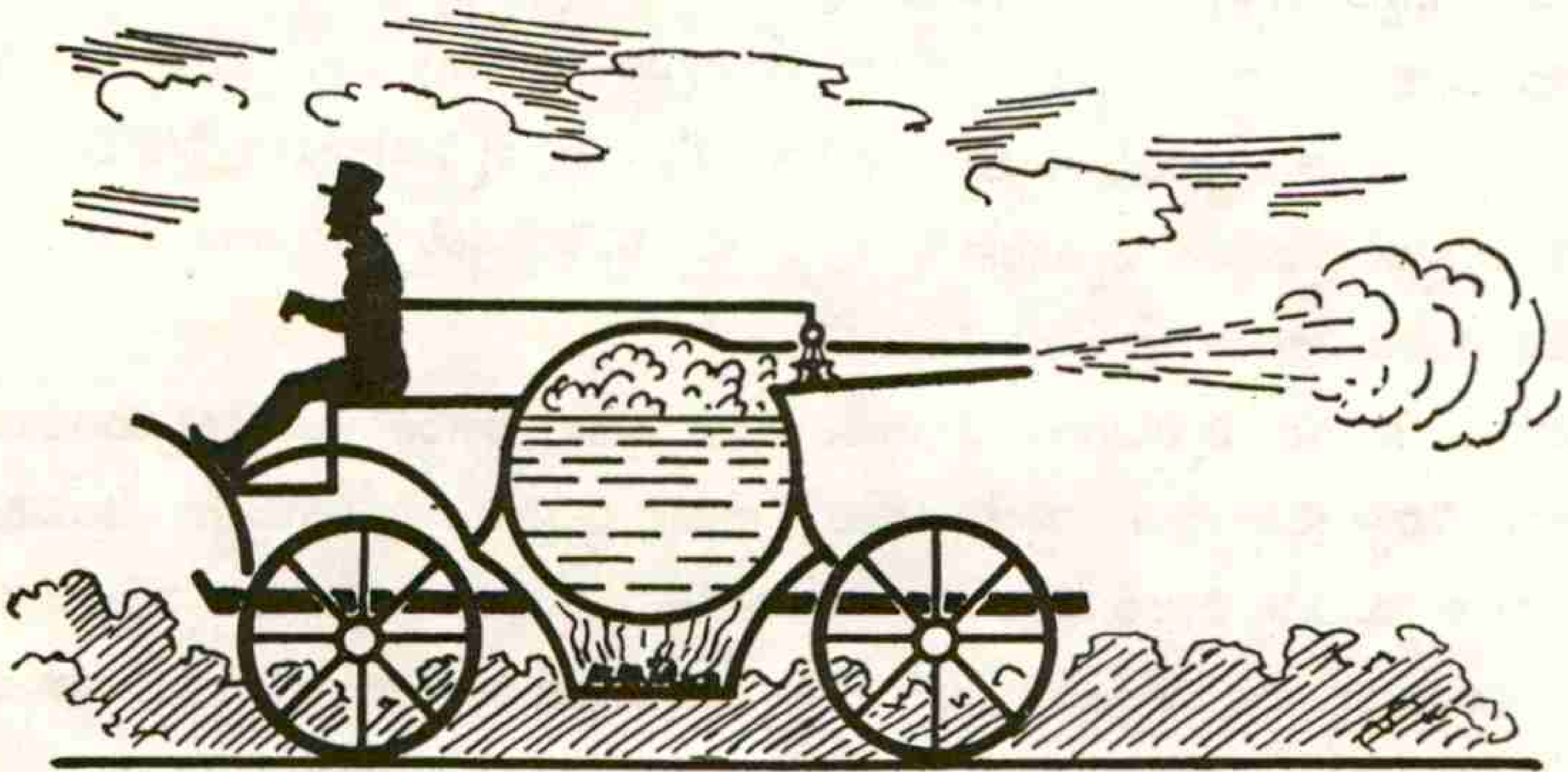
స్టీమర్లు సృష్టికాక పూర్వము ఇదే సూత్రంపైన యాంత్రికంగా నడిచే పడవల నిర్మాణ పథకం ఒకటి తయారు కావడం చిత్రమయిన విషయం. పడవ వెనుక భాగంలో ఒక శక్తివంతమయిన పంపు ఏర్పాటుచేసి దాని ద్వారా పడవలో దాచిన నీటిని ధార (జెట్)గా వెలువరించి ఆవిధంగా పడవను ముందుకు పోయేలాగ చేయడం ఆ పథకం తాలూకు ప్రధానాంశము. ఆ ముందుకు పోవడం యీ సూత్రాన్నే నిరూపించడానికి స్కూళ్ల ప్రయోగశాలల్లో నీటిమీద తేలే తగరపు ముక్కలు ముందుకుపోయే విధంగా ఉంటుంది. యీ పథకం అప్పట్లో అమలు జరుగలేదు గాని స్టీమరును కనిపెట్టడంలో సహాయకారి అయింది. ఎంచేతంటే

ఫుల్టన్‌కు తన ఉపాయం తట్టడానికి ఈ పథకం సహాయపడింది. అయితే యీ నాడు నీటి "జెట్" తో నడిచే నౌకలు సోవియట్ దేశంలో నిర్మాణమై వున్నాయి.

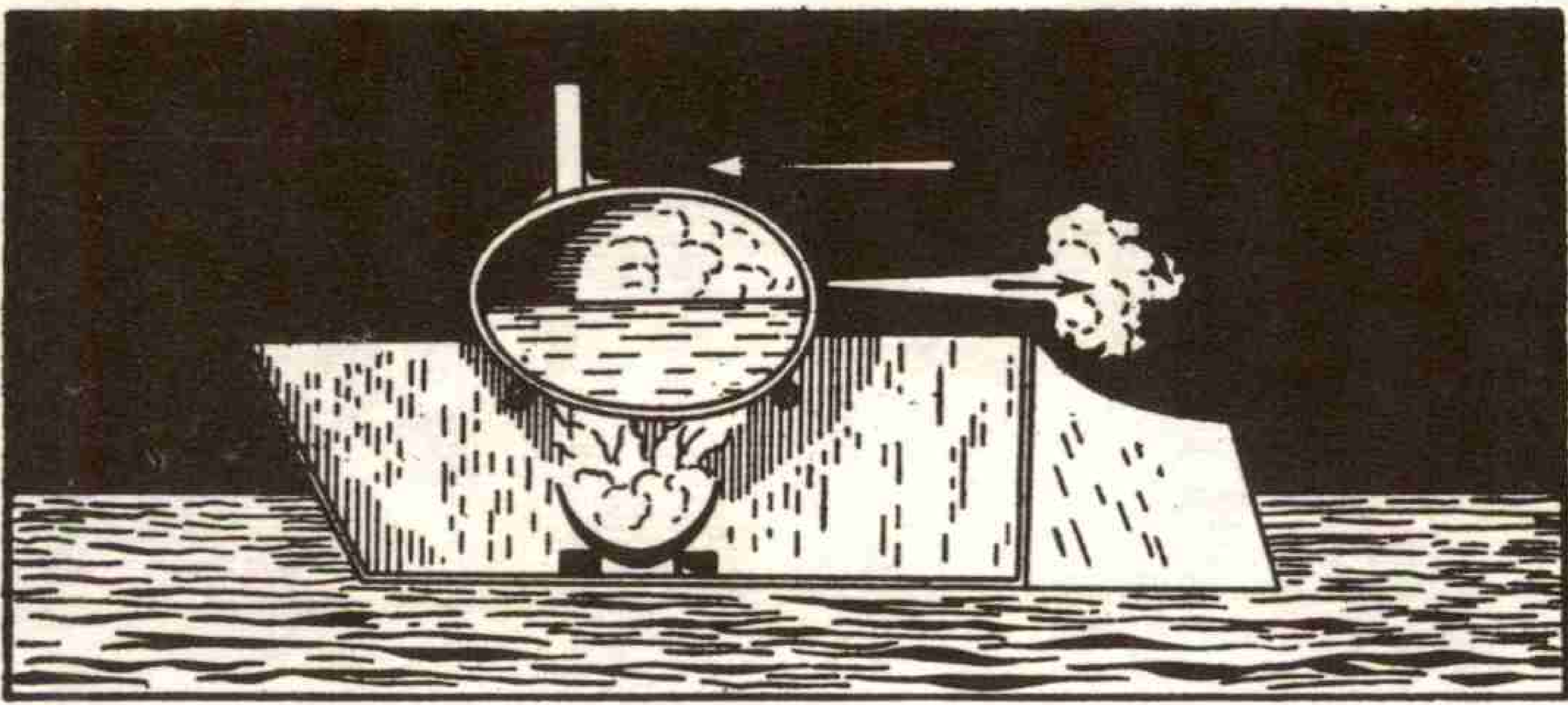
ఇదే సూత్రం పైన ఏనాడో క్రీస్తుపూర్వం రెండవ శతాబ్దంలో అలెగ్జాండ్రియా వాసి అయిన హిరోన్ అనే వాడు అత్యంత ప్రాచీనమయిన ఆవిరియంత్రం కనిపెట్టిన సంగతి కూడా మనకు తెలిసినదే: ఆవిరి బాయిలరునుంచి గొట్టంగుండా ఒక గోళంలోకి ప్రవహిస్తుంది. (చిత్రం 6.) యీ గోళం అడ్డంగా వుండే యిరుసుమీద తిరుగుతుంది. గోళానికి ప్రక్కలగా రెండు వంపు గొట్టాలుంటాయి. గోళంలోకి వచ్చిన ఆవిరి వీటిగుండా బయటికి వచ్చేటప్పుడు వీటిని వెనక్కు నెట్టుతుంది. గోళం తిరుగుతుంది. ప్రాచీన కాలంలో బానిసల శ్రమ కారుచౌక కావటంచేత హిరోన్ సృష్టించిన యీ స్టీము టర్బయినువల్ల ప్రయోజనం సాధించాలని ఎవరికీ తట్టలేదు. అది ఒక ఆట వస్తువుగానే వుండిపోయింది. అయితే దాని మూలసూత్రం మరుగున పడిపోలేదు. యీనాడది జెట్ టర్బయినులు తయారు చేయడానికి ఉపయోగపడుతున్నది.

ఇదే సూత్రంపైన ఆవిరితో నడిచే స్వయం చోదిత వాహనంయొక్క తొలి పథకాలలో ఒకటి క్రియా ప్రతిక్రియా సూత్రాన్ని ప్రతిపాదించిన న్యూటన్ స్వయంగా తయారు చేసినదంటారు. యీ పథకంలో బాయిలర్‌ను చక్రాలమీదకెక్కిస్తారు. బాయిలర్‌నుంచి వెలువడే స్టీము ఒక పక్కకు తోసుకుపోతే ప్రతిచలనం వలన బాయిలరు రెండవ పక్కకు తోసుకుపోయి చక్రాలమీద నడుస్తుంది. (చిత్రం 7.)

యీనాటి రాకెట్ ఆటోమొబైలు (స్వయం చోదిత) వాహనాలు న్యూటన్ బండి రూపాంతరాలే.



చిత్రం 7. ఆవిరితో నడిచే వాహనం. న్యూటన్ కనిపెట్టినట్టు ప్రతీతి.

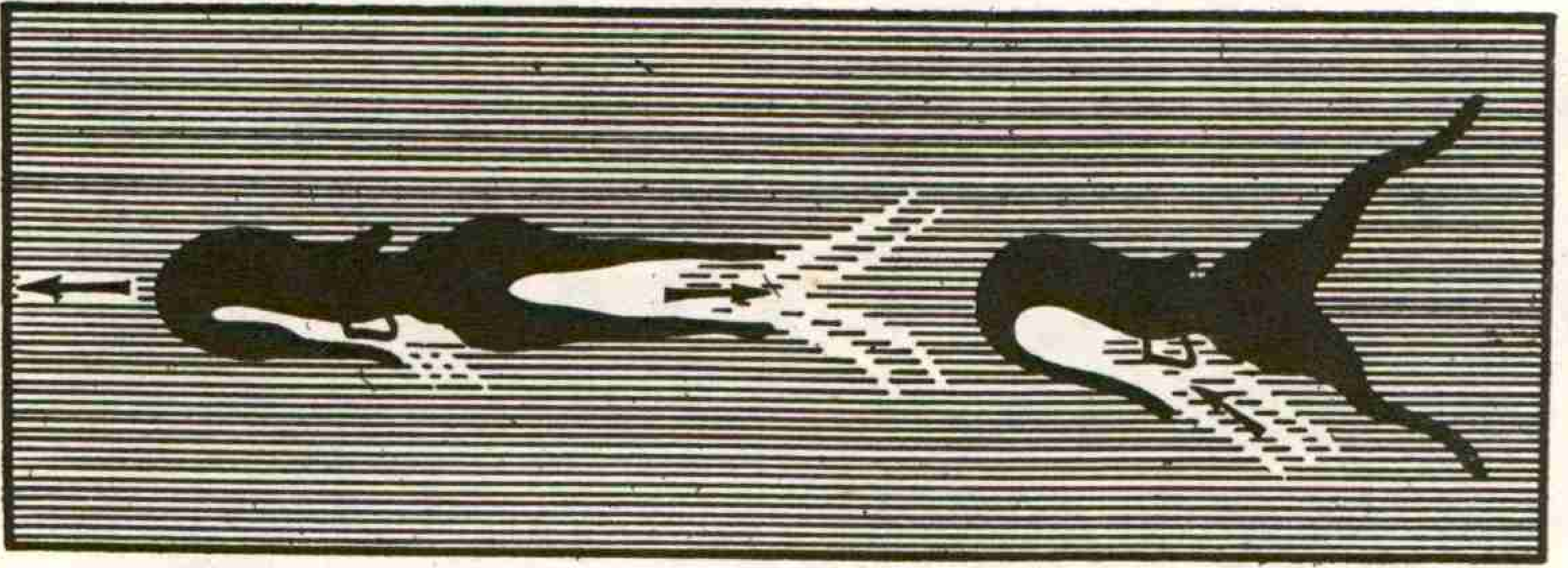


చిత్రం 8. కోడిగుడ్డు పెంకు బాయిలరుగల కాగితపు స్టీమరు బొమ్మ. ఇంధనం ఆల్కహాలు. కోడిగుడ్డు పెంకు బాయిలరునుంచి వెలువడే ఆవిరి పడవను రెండవ దిక్కుగా నడుపుతుంది.

చేసి చూసే ఆ శక్తికలవారికి న్యూటన్ బండిని పోలిన కాగితం పడవ చిత్రం 8 లో చూపబడింది. ఇందులో బాయిలరు ఒక గుడ్డు డొల్ల. దాన్ని వేడి ఎక్కించడానికి దాని దిగువ అంగుళి త్రాణము (దర్జీవాడి వేలు తొడుగు) అమర్చి అందులో దూదిని ఆల్కహాలులో తడిపిముంచి అంటించాలి. గుడ్డులోనుంచి ఆవిరి జెట్‌గా వెలువడేటప్పుడు "పడవ" అంతా దానికి విరుద్ధమైన దిక్కుగా నడుస్తుంది. యీ విజ్ఞాన దాయకమయిన ఆటవస్తువును తయారు చేయడానికి మంచి నేర్పు కావాలి.

## "కటిల్" చేప ఎలా కదులుతుంది?

"తన జుట్టు తానే పట్టుకుని పైకి లేచే" ధోరణిలో సామాన్యంగా నీటిలో కదిలే ప్రాణులు చాలా వున్నాయని విని మీరు ఆశ్చర్య పడవచ్చు. "కటిల్" చేపలూ, సామాన్యంగా అనేక "శిరః పాదాలూ" (మొల్లస్కులు) నీటిలో యిలాగే తోసుకుంటూ పోతాయి. వాటి పక్కలో ఒక చీలిక ఉంటుంది. ముందు భాగంలో గరాటీ లాటి భాగం ఉంటుంది. దాని ద్వారా, పక్క చీలిక ద్వారా అవి తమ మొప్పలలోనికి నీటిని పీల్చి, ఆనీటిని ఆ గరాటీ లాటి దానిగుండా బలంగా తోస్తాయి. ప్రతిక్రియా సూత్రాన్నిబట్టి వ్యతిరేకదిశలో ఉరవడి కలుగుతుంది. ఆ ఉరవడి వల్ల శరీర వెనుకభాగం సహాయంతో అవి ఎంతో వేగంగా ముందుకు ఈదగలవు. "కటిల్" చేపలు తమ "గరాటీ"లను పక్కలకు వెనుకకు కూడా తిప్పి నీటిని బయటకు చిమ్ముతూ తమకు కావలసిన వైపుగా కదలగలవు.



చిత్రం 9. ''కటిల్'' చేప ఈదే పద్ధతి.

''జెల్లీ'' చేప గూడ యిలాగే కదులుతుంది. అది తన కండరాలను సంకోచింపజేసి గొడుగు ఆకారం గల తన శరీరం దిగువ భాగంనుంచి నీటిని వెలువరించి వ్యతిరేక దిశలో ఉరవడి సంపాదించి కదులుతుంది. తూనీగల ''లార్వా''లు (క్రిమి దశలో వున్న తూనీగలు), జలసంచార జీవులయిన మరి కొన్ని ప్రాణులు యిదే విధంగా యీదుతాయి. మనం ఇది సంభవమే కాదనుకొన్నాము.

## నక్షత్రాలకు రాకెట్టు ప్రయాణం

భూగోళాన్ని వదిలిపెట్టి అనంత ఆకాశంలో పయనించేకన్నా ఆకర్షణీయమైనది ఏముంది? భూమినుంచి చంద్రునికి ఎగరడం! ఒక గ్రహంనుండి మరో గ్రహానికి! దీన్ని గురించి ఎన్ని సైన్సు ఫిక్షను నవలలు వెలువడ్డాయి! ''మైక్రోమెగాస్'' లో వోల్టేర్, ''భూమి నుంచి చంద్రుడికి'', ''హెక్టరు సర్వడాక్''లలో జూల్స్ వెర్న్, ''చంద్రుడిలో మొదటి మనుషులు'' లో హెచ్. వెల్స్, వీరిని అనుకరించిన యింకా అనేకమంది రచయితలు, ఊహాలోనే అనుకోండి, అనేక ఖగోళాలకు తమాషా అయిన ప్రయాణాలు చేసారు. నిజానికి మనం ఇంకా భూమికి బంధీలమై ఉంటున్నాము.

మానవులు చిరకాలంగా కంటూన్న యీ కలను మనం సాధ్యం చెయ్యలేమా? సైన్సు ఫిక్షను నవలా కారులందరూ ఎంతో ఆకర్షణీయంగా, వాస్తవంగా వుండేలాగు వేసిన తెలివైన పథకాలేవీ ఎన్నటికీ సాధ్యం కావా?

గ్రహాంతర ప్రయాణాల తాలూకు విడ్డూరపు పథకాల సంగతి తర్వాత చూస్తాం. ప్రస్తుతానికి కాన్‌స్తంతీన్ త్సియల్కోవ్‌స్కియ్ అనే రష్యన్ శాస్త్రవేత్త అటువంటి ప్రయాణాలకై ప్రప్రథమంగా సూచించిన వాస్తవమైన పథకం గురించి పరిచయం చేస్తాను.

చంద్రుడి వద్దకు విమానంలో ఎగిరిపోవడం సాధ్యమా? సాధ్యం కాదు. నిజానికి విమానాలు, బెలూను విమానాలు గాలిలో తేలి గాలిని తొయ్యడం ద్వారా మాత్రమే ఎగర గలుగుతున్నాయి. భూమికి, చంద్రుడికి మధ్య గాలిలేదు. అసలు విశ్వాంతరాళంలో "అంతర్ గ్రహ బెలూను విమానాన్ని" వహించే సాంద్రతగల యానకం లేదు. ఆ కారణంచేత ఆధారం అవసరం లేక కదులుతూ నడిపించబడగల పరికరాన్ని కనిపెట్టవలసి వుంటుంది.

యిలాటి పరికరం లోగడనే మనకు పరిచయం — అటవస్తువు రాకెట్టు. మనుష్యులకు, సంబారాలకు, గాలి బెలూనులకు వగైరా ఇతర అవసరాలకు విడివిడిగా అరలుగల పెద్ద రాకెట్టును తయారు చేయలేమా? అలాటి రాకెట్టు నడిపేవారు, వెంట బోలెడంత ఇంధనం కూడా తీసుకొని ఎటుకావాలంటే అటుగా వాయువుంజాలను జెట్‌గా పంపగలరను కోండి. అది నిజమైన అంతరిక్ష నౌకగా పనికి వచ్చి ఎటుకావాలంటే అటు నడుప వీలుగా వుంటుంది; అలాటి నౌకలో అంతరిక్ష కడలిలో తేలిపోవచ్చు, చంద్రుడివద్దకు, గ్రహాలవద్దకు ప్రయాణమైపోవచ్చు. జెట్ వాయువును కావలసినట్టు తిప్పుకొని ఈ గ్రహాంతర వాహన ప్రయాణికులు వేగాధిక్యతవలన తమకు అసౌకర్యం కలగకుండా వేగాన్ని కావలసిన క్రమంలో వృద్ధిచేయవచ్చు. ఏ గ్రహంమీదనన్నా దిగదలచినప్పుడు తమ నౌకను తిప్పి, క్రమంగా వేగాన్ని తగ్గించి తమ పతనాన్ని నిరపాయంచేసుకో గలుగుతారు. భూమికి తిరిగి వచ్చేటప్పుడు కూడా ఇదే పని చేస్తారు.

మొన్న మొన్ననే విమానాలు జంకుతూ జంకుతూ పురోగమించాయనిపిస్తోంది. యీనాడవి గాలిలో ఉన్నతంగా విహరిస్తున్నాయి. పర్వతాలను, ఎడారులను, ఖండాలను, మహాసముద్రాలను అవలీలగా దాటేస్తున్నాయి. మరి 20 – 30 ఏళ్ల కాలంలో "నక్షత్ర యానం" కూడా ఇలాటి పురోగమనమే సాధిస్తుందని మనం భావించకూడదా? అప్పుడు మానవుడు, అనాదిగా తనను యీ గ్రహానికి బంధించి వుంచిన అదృశ్య శృంఖలాలను తెంచుకొని విశ్వాంతరాళంలోకి వెళ్లి పోగలుగుతాడు.*

---

* స్పూత్నిక్‌లు, లూనిక్‌లు, అంతరిక్ష నౌకలు, పంపడానికి చాల పూర్వమే యీ పుస్తకం రచించిన మాట గుర్తుంచుకోవాలి. — సం.

# రెండవ అధ్యాయం

# బలము. పని. ఘర్షణము

## హంస, గాజురొయ్య, చేపల సమస్య

ఒక హంస, ఒక గాజురొయ్య, ఒక చేప కలిసి బరువులోనున్న ఒక బండిని నడిపించడానికి ప్రయత్నించడం గురించి అందరికి తెలిసిన కట్టుకథ ఒకటి వున్నది. మెకానిక్సు దృష్ట్యా ఈ కథని పరిశీలించినవారు చాల తక్కువ. అలా చూసినట్టయితే పరిణామము క్రులోవ్ చెప్పిన దానికి భిన్నంగా వుండవలసి వుంటుంది.

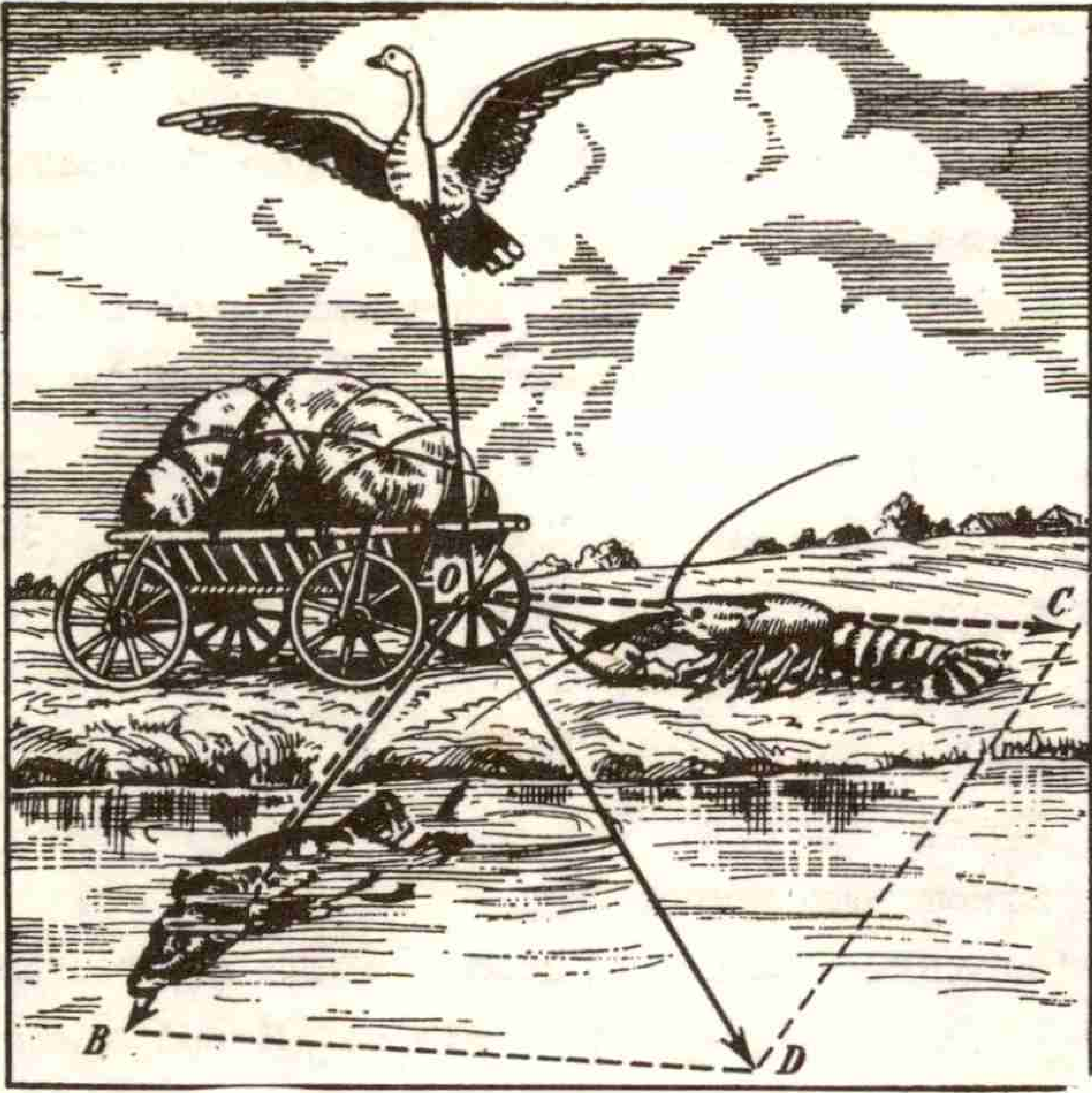
ఆ కథలో వున్నది వాస్తవంగా మెకానిక్సుకు సంబంధించిన సమస్యే: ఒకదానికొకటి కొంతకోణంలో ఉంటూ ఏకకాలంలో ప్రయోగింపబడు కొన్ని బలాల సంకలనంమీద సమస్య. కథలో బలాలదిశలు దిగువ విధంగా నిర్ణితమైనాయి.

హంస బండినిపైకి లాగుతుంది,
గాజురొయ్య వెనకకు లాగుతుంది,
చేప నదిలోకి లాగుతుంది. *

చిత్రం 10 లో ఈ బలాలన్నీ సూచించి వున్నాయి — హంసయొక్క పైకి లాగుడు, చేపయొక్క పక్క లాగుడు *(OB)*, గాజురొయ్యయొక్క వెనక లాగుడు *(OC)*. ఇంకొక

---

* చాలామంది గొప్ప కథాకారులు ఈ కట్టుకథలోని విషయాన్ని వాడేరు. 19 వ శతాబ్దికి చెందిన గొప్ప రష్యను రచయిత ఇవాన్ క్రులోవ్ రాసిన కథాభాగం ఇక్కడ ఉదాహరించబడింది. — సం.




చిత్రం 10. హంసా, చేపా, గాజురొయ్యతో కూడిన క్రిలోవ్ సమస్యకు మెకానిక్స్ సూత్రాలకు అనుగుణమైన పరిష్కారం. ఫలిత బలం (*OD*) బండిని నదిలోకి ఈడుస్తుంది.

నాలుగో బలం కూడా వున్న సంగతి మరువవద్దు. అది బండియొక్క బరువు. అది తిన్నగా కిందికి వుంటుంది. కథలో బండి వున్నచోటనే వుండినట్టు తేల్చాడు, అంటే బండిపై ప్రయోగించిన బలాలన్నిటి ఫలితం సున్న అన్నమాట.

ఇది సరిగా వున్నదా? చూద్దాం. బండిని పైకి లాగే హంస, గాజురొయ్యకు గాని, చేపకు గాని తమ పనిలో ఏ విధంగాను అడ్డు రాదు. మీదుమిక్కిలి అది సహాయకారి కూడాను, ఎందుకంటే హంస పైకి లాగడం భూమ్యాకర్షణకు విరుద్ధంగా వుంటుంది కనుక. చక్రాలకు భూమికి, చక్రాలకు వాటి ఇరుసులకు మధ్య వుండే ఘర్షణ తగ్గి బండి బరువు కూడా తక్కువవుతుంది – అది సాంతం పోయినా పోవచ్చు, ఎందుకంటే బండి చాలా తేలిక అనిపించినట్టు కథలో చెప్పి వున్నది. చర్చా సౌలభ్యంకోసం, హంస లాగటంచేత బండి యొక్క బరువు పూర్తిగా పోతుందని అనుకుందాము. అంటే ఇక రెండు బలాలే మిగిలి వున్నాయన్న మాట – గాజురొయ్య లాగుడు, చేప లాగుడున్నూ. యీ బలాలు ఏయే దిక్కులకు

ప్రయోగమయినది కథను బట్టి మనకు తెలుసు — గాజురొయ్య వెనక్కు నడుస్తుంది. చేప నీళ్లకేసి లాగుతుంది. ప్రవాహం బండికి ప్రక్కగా వున్నదనీ ఎదురుగా లేదనీ అనుకో వటంలో సబబున్నది — (ఎంత చెడ్డా కథలో మిత్రులు ముగ్గురూ చేరి బండిని నీటిలోకి పడదోయాలని ప్రయత్నించబోవు గదా!). అందుచేత రెండు బలాలు, గాజురొయ్యది, చేపది ఒక దానికొకటి కోణంలో వుంటాయి. ప్రయోగింపబడిన బలాలు ఒకే సరళరేఖలో లేవన్న తరువాత ఫలితబలం ఎంతో కొంత వుండాలి గాని సున్నా కావడానికి వీలు లేదు.

మెకానిక్సు సూత్రాలను అనుసరించి *OB*, *OC* బలాల వెంబడి "సమాంతర చతుర్భుజాన్ని" రచిద్దాం. దానియొక్క "కర్ణం" అయిన *OD* ఫలితబలంయొక్క ప్రమాణాన్ని దిక్కును సూచిస్తుంది. యీ ఫలితబలం కారణంగా బండి కదిలి తీరాలన్నది స్పష్టం. హంసయొక్క లాగుడు వల్ల బండి బరువు కొంతగాని అంతాగాని రహితమవుతుంది గనుక బండి కదలడం మరింత తప్పనిసరి. రెండవ ప్రశ్న ఏమిటంటే బండి ఎటుగా కదులుతుంది? ముందుకా? వెనుకకా, పక్కకా? ఇది రెండు బలాల నిష్పత్తిపైన వాటి మధ్య వుండే కోణంపైన సహజంగా ఆధారపడుతుంది.

మీలో బలాలను సంకలనంచేయడం, విశ్లేషించడంలో అనుభవం వున్నవారికి హంసయొక్క లాగుడు వల్ల బండి బరువు పూర్తిగా రహితం కాకపోయినప్పటికీ బండి నిశ్చలంగా ఉండ లేదని స్పష్టమవుతుంది. ప్రయోగించిన మూడు బలాల ఫలితం కన్న చక్రాలకు, యిరుసుకు, చక్రాలకూ రోడ్డుకూ మధ్య ఉండే ఘర్షణ హెచ్చుగా వున్నప్పుడే బండి కదలక పోవడం జరుగుతుంది. కాని "బండి ఎంతో తేలిక అనిపించింది" అన్నమాట, దీనికి వ్యతిరేకంగా ఉంది. ఏమైనా బండి కదలలేదని చెప్పడానికి అధికారం లేదు — అంత మాత్రాన కథలోని నీతికి అభ్యంతరం కలిగిందని కాదు.

## క్రిలోవ్‌ను ధిక్కరించి

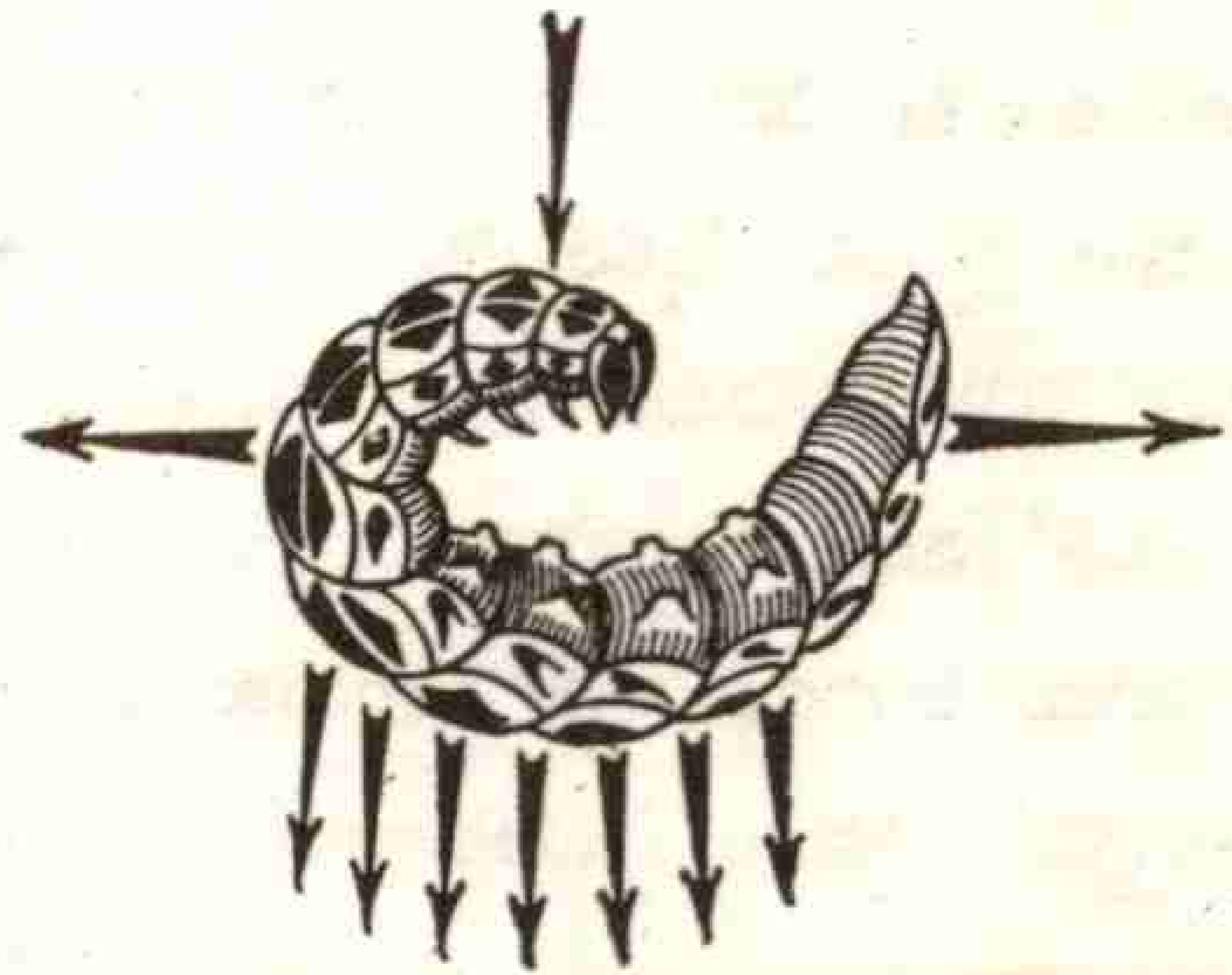
"మిత్రులమధ్య విభేదాలు కలిగితే ఏదీ సవ్యంగా కొనసాగదు" అని క్రిలోవ్ చెప్పదల చిన నీటి సర్వదా మెకానిక్సుకు వర్తించక పోవచ్చు. బలాలు వివిధ దిక్కుల ప్రయోగించ వచ్చుగాక, అయినప్పటికీ వాటికొక ఫలితం వుంటుంది.

అవిరామ శ్రమ చేస్తూ పనిచేయడంలో ఆదర్శప్రాయమయినవిగా క్రిలోవ్ ప్రశంసల నందుకొన్న చీమలు సహితం, అతను వేళాకోళం చేసిన విధంగానే కలిసి కృషి చేస్తూ కూడా ఫలితాలను సాధిస్తాయని చాలమందికి తెలియదు. ఇందుకు కారణం మళ్లీ బలాల సంకలనమే. పని చేసేటప్పుడు మీరు చీమలను శ్రద్ధగా గమనించినట్టయితే అవి తెలివిగా పరస్పరం

సహకరిస్తాయన్నది వ్యాజమైన విషయమని అసలు నిజానికి ఏ చీమ గొడవ ఆ చీమదే తప్ప మిగిలిన వాటి గొడవ పట్టించుకోదని మీకు తెలియవస్తుంది.

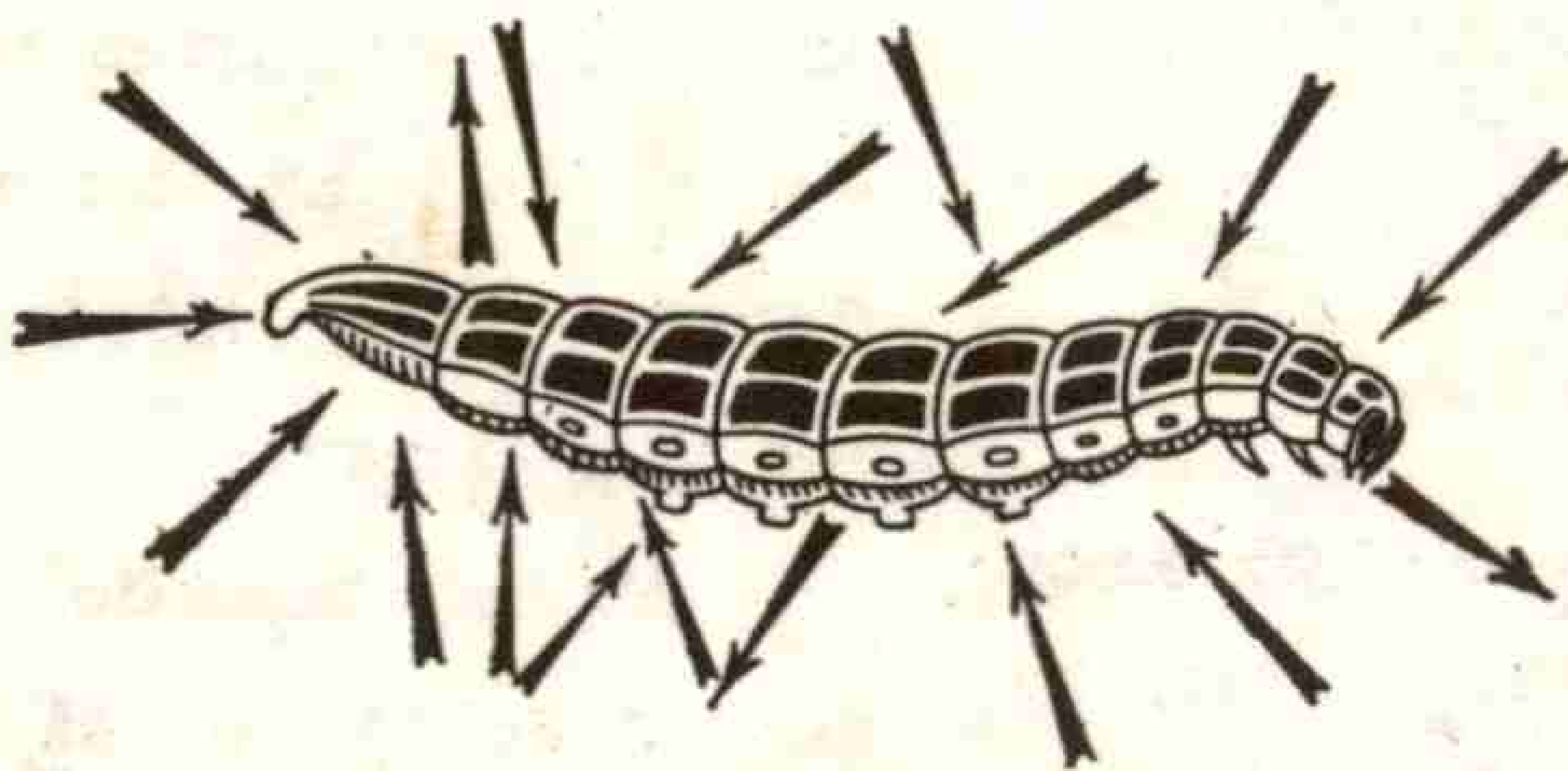
"సహజ ప్రవృత్తి" అనే గ్రంథంలో ఎలాచిచ్ అనే జంతుశాస్త్రవేత్త చీమలు పనిచెయ్యడాన్ని ఇలా వర్ణించాడు.

"పది చీమలు తమకు లభించిన ఒక పెద్ద వస్తువును సమప్రదేశం మీదుగా ఈడ్చుకు పోయేటప్పుడు అన్నీ ఒకే విధంగా ప్రవర్తిస్తాయి. పై చూపులకు వాటిమధ్య సహకారం ఉన్నట్లే అనిపిస్తుంది. కాని అవి సంపాదించుకొన్న వస్తువుకు, మాట వరుసకు ఏ ఆకుపురుగో అనుకుందాం, గడ్డిపోచగాని గులక రాయిగాని అడ్డం తగిలిందనుకోండి. అప్పుడు ముందుకు లాగడానికి వీలు లేదు. చుట్టూ తిప్పాలి. ఆ అవాంతరాన్ని గడవడానికి ప్రతి చీమ తన మానాన



చిత్రం 11. ఆకుపురుగును ఈడ్చుకు పోయే చీమలు.

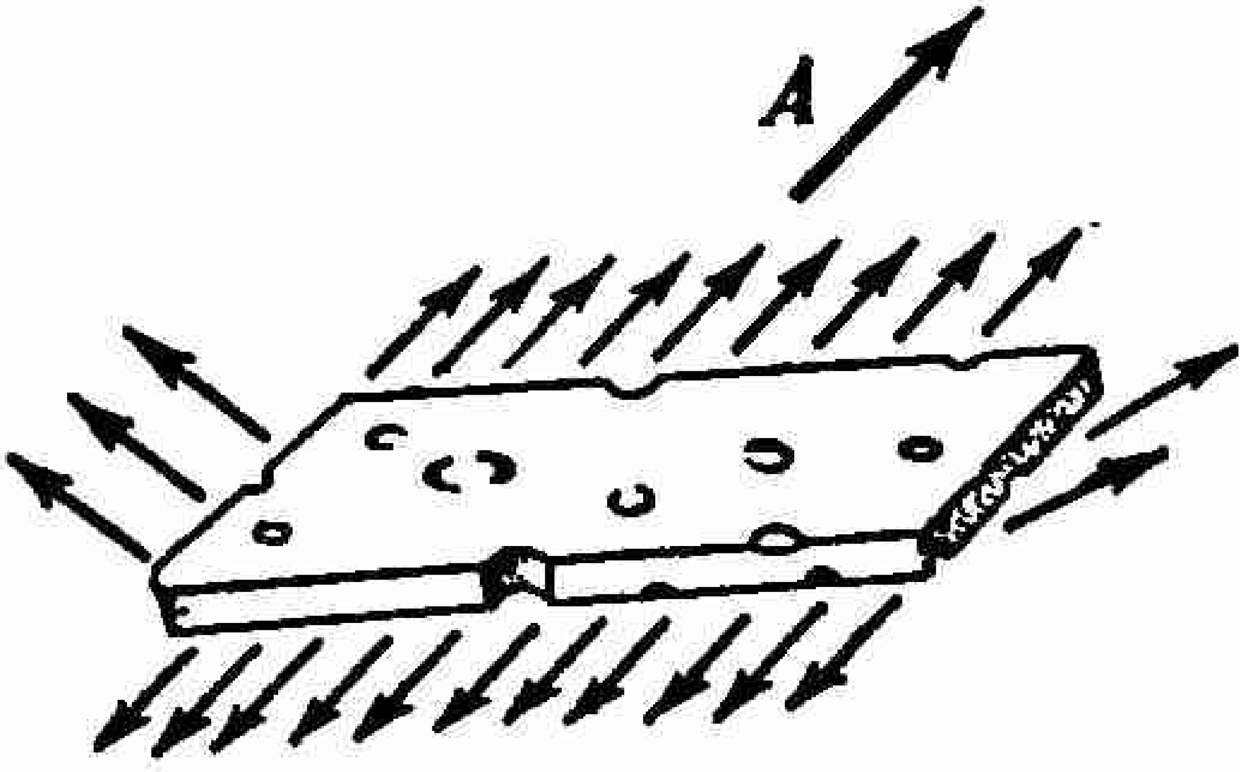
తను, తన మిత్రులలో ఏ ఒక్కరితోనూ సహకరించే ఆలోచన లేకుండా, ఎలా ప్రయత్నించేది మీకు స్పష్టంగా కనవడుతుంది (చిత్రాలు 11, 12). ఒకటి కుడి ప్రక్కకు లాగుతుంది.



చిత్రం 12. చీమలు పనిచేసే పద్ధతి. ప్రతి చీమా పడే శ్రమ బాణాలతో సూచించబడింది.

మరొకటి ఎడమ ప్రక్కకు లాగుతుంది, ఇంకొకటి ముందుకు తోస్తుంది, వేరొకటి వెనక్కు లాగుతుంది. అవి తమ స్థానాలను మార్చుతాయి. పురుగును క్రొత్తచోట్ల పట్టుకుంటాయి. దేని దారిని అది తోస్తుంది. దేని దారిని అది లాగుతుంది. ఎప్పుడైతే చీమల బలాలన్నీ కలిసి ఆకుపురుగును నాలుగు చీమలు ఒక పక్కగా లాగుతే, ఆరు చీమలు మరో ప్రక్క లాగే పరిస్థితి ఏర్పడుతుందో అప్పుడా పురుగు నాలిగింటి ప్రతిరోధాన్ని జయించి, ఆరు లాగే వైపుకే కదులుతుంది."

చీమల మధ్య వుండే ఈ అబద్ధపు సహకారాన్ని కళ్లకు కట్టినట్లు చూపడానికి మరొక ఉదాహరణ ఇస్తాను. చిత్రం 13 లో చతురస్రాకారం గల జున్ను ముక్కను 25 చీమలు పట్టుకొని లాగడం చూపబడింది. జున్ను ముక్క అతి నింపాదిగా *A* అనే బాణం సూచించే దిక్కుగా కదులుతుంది. ముందు వరుసలో వున్న చీమలు జున్ను ముక్కను ముందుకు లాగుతుంటే వెనక వరసలోనివి తోస్తున్నాయని, ప్రక్కలనున్నవి మిగిలిన వాటికి సహాయ పడుతున్నాయని మీరనుకోగలరు. కాని ఇది నిజంకాదని మీరు సులభంగా గ్రహించగలరు: కత్తి తీసుకొని వెనుక వుండే చీమల బారును వేరుచేయండి. వెంటనే జున్నుముక్క హెచ్చు వేగంతో ముందుకు పోతుంది. దీనిని బట్టి, వెనక వరుసలో వున్న 11 చీమలు జున్నును వెనుకకు లాగాయి గాని, ముందుకు తొయ్యలేదని విశదమవుతుంది. వాటిలో ప్రతి ఒక్కటి జున్నును తమకు అనుకూలంగా తిప్పకొని వెనక్కు నడుస్తూ చీమలపుట్టకు చేర్చ ప్రయత్నించాయి. అవి ముందువరుసలోని చీమలతో సహకరించకపోగా శాయశక్తులా అడ్డుతగిలి, వాటి కృషిని వమ్ము చేశాయన్నది స్పష్టమవుతుంది. వాస్తవానికి జున్నుముక్కను ముందుకు ఈడవడానికి నాలుగు చీమల బలాలు చాలు. అయితే వాటి పనుల మధ్య సహకారం మృగ్యం కావడంచేత జున్నుముక్క ముందుకు జరగటానికి 25 చీమలు అవసరమయ్యాయి.




చిత్రం 13. జున్ను ముక్కను తమపుట్ట కేసి ఈడ్చుకు పోతున్న చీమలు; పుట్ట *A* అన్న బాణం దిక్కుగా ఉన్నది.

చీమల మధ్య వుండే సహకారంయొక్క ఈ ప్రత్యేకతను మార్క్ ట్వేన్ ఎన్నడో గమనించాడు. రెండు చీమలు కలుసుకుంటాయి. అందులో ఒకటి ఒక మిడుత కాలు సంపాదించింది. వాటిని గురించి కథ చెపుతూ ఆయన ఇలా వ్రాశాడు:

"....అవి మిడుత చెరొక కాలు చివరనూ పట్టుకొని చెరొకవైపు తమ శక్తి కొలదీ లాగాయి. ఎక్కడో ఏదో లోపం వున్నట్టు వాటికి తోస్తుంది. కాని అదేమిటో వాటికి తెలియదు.... పరస్పర ఘర్షణ వాటిమధ్య మొదలవుతుంది. క్రమంగా మాటలు పెరిగి కోట్లాటలోకి మారుతుంది.... అవి రాజీపడి వెనకటి మతిమాలిన ధోరణిలోనే కలిసి పని సాగిస్తాయి. అయితే కోట్లాటలో దెబ్బతిన్న చీమది కిందిచెయ్యి అవుతుంది; అది ఎంత ప్రయత్నించినా రెండవది కొల్లసొత్తును, దాని చివరవున్న తనను కూడా ఈడ్చుకు పోతుంది. ఇది వదలిపెట్టక దాన్నే పట్టుక వేళ్లాడుతూ వుంటుంది...." మార్క్ ట్వేన్ వేళాకోళానికి వ్రాసినప్పటికీ, అతనన్న ఈకింది మాట అక్షరాల నిజం.

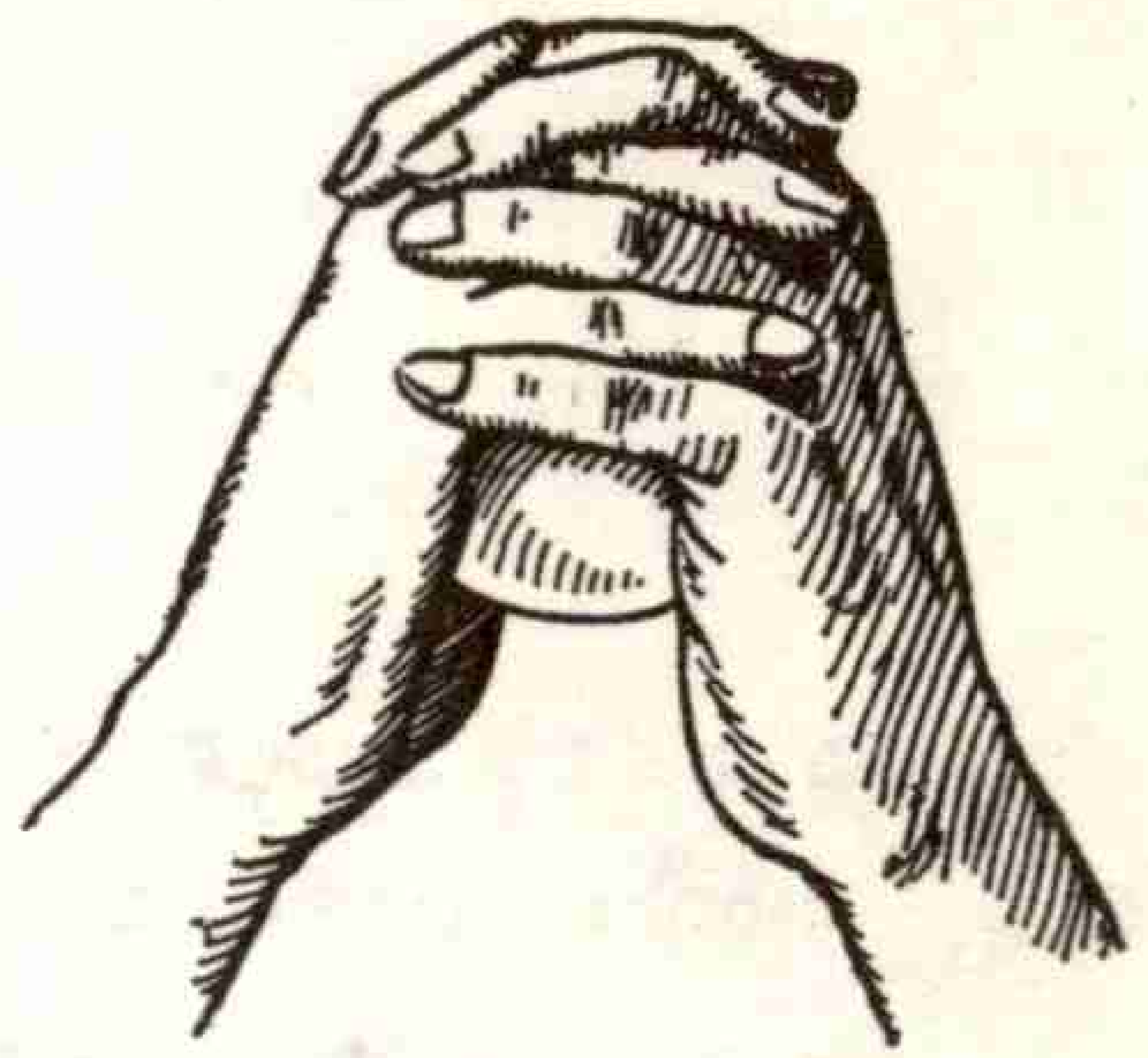
"ఏ అభ్యాసం లేని ప్రకృతిశాస్త్రజ్ఞుడో తమని పరిశీలిస్తూ తప్పుడు నిర్ణయాలు పడుతున్నప్పుడే చీమలు బాగా పనిచేస్తాయి."

# కోడిగుడ్డు నలగనొక్కడం సులభమేనా?

19 వ శతాబ్దికి చెందిన సుప్రసిద్ధ రష్యను రచయిత గోగొల్ రచించిన నవల 'మృతాత్మలు'' లోని మహా మేధావి కిఫా మోకియెవిచ్‌గారి బుర్రను హింసపెట్టిన తాత్విక సమస్య ఇది: ''ఏనుగులు గుడ్లనుంచి పుడతాయనుకో. ఆ గుడ్ల పెంకు చాలమందంగా వుండదూ? ఫిరంగి గుండుకు కూడా ఆ గుడ్డు పగలదేమో. దానిని పగలగొట్టడానికి క్రొత్త రకం పేలుడు అస్త్రం కనిపెట్టాలి.''

మామూలు కోడి గుడ్డు పెంకయినా పలచనిదైనప్పటికీ సున్నిత వస్తువు ఏమాత్రం కాదని తెలియవస్తే గోగొల్ తాత్వికుడు ఆశ్చర్యంతో నోరు తెరచి వుండేవాడని అనుకుంటాను. గుడ్డు రెండు కొసలను అరచేతుల మధ్య పట్టుకొని నొక్కి పగులగొట్టడం సులభమేం కాదు. ఆ విధంగా గుడ్డును పగులగొట్టడానికి చాలబలం ప్రయోగించాలి. *

గుడ్డుపెంకు అంత గట్టిగా ఉండడానికి అది కుంభాకారంలో వుండడం ఒక్కటే కారణం. ఆకారణంచేతనే విలువంపు పైకప్పులు, ఆర్చిలు బలంగా వుంటాయి.



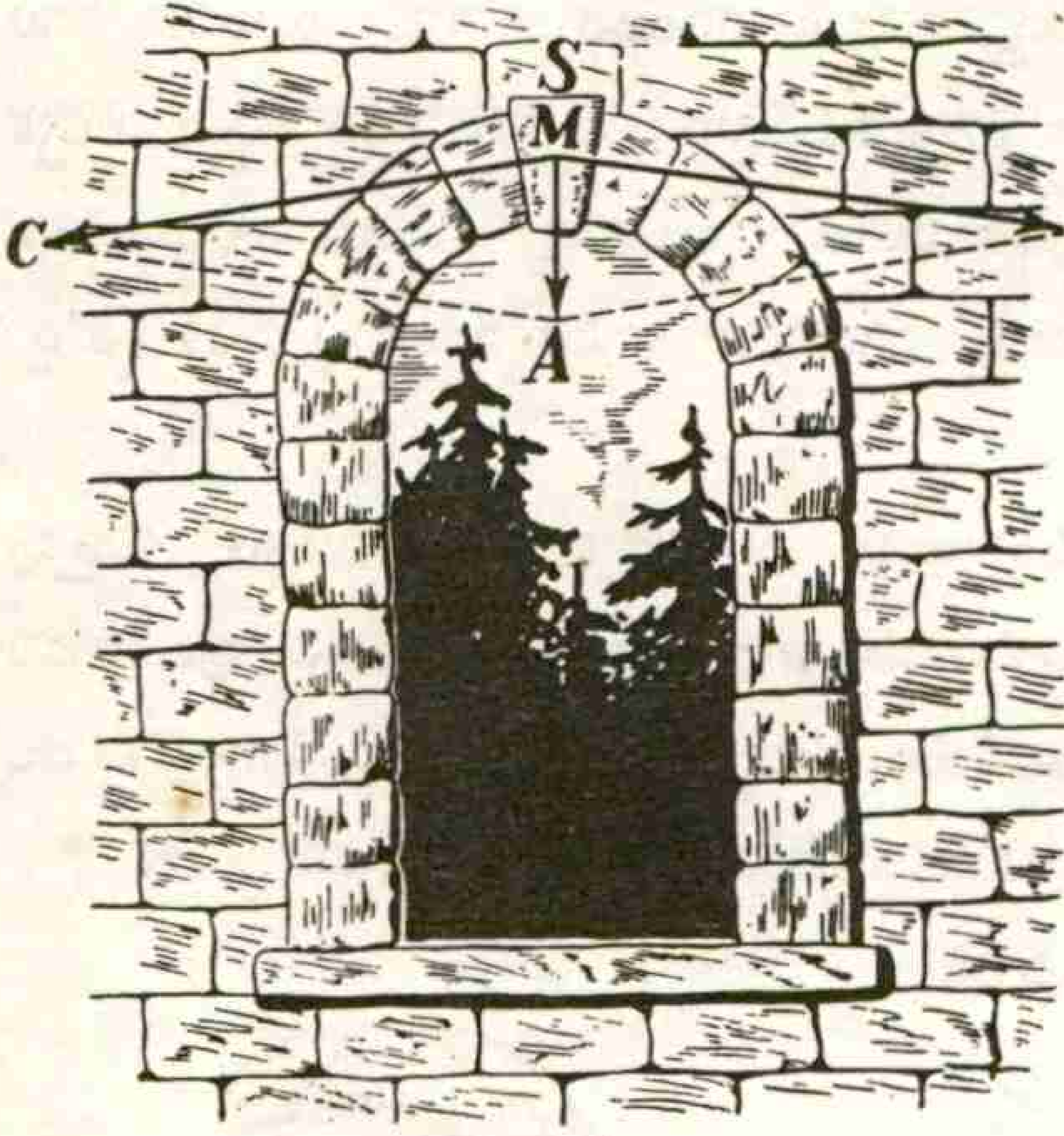
చిత్రం 14. ఇలా కోడిగుడ్డును పగలగొట్టడం చాలా కష్టం.

చిత్రం 15 లో రాతిగోడలో కిటికీ ఆర్చివున్నది. ఆర్చిమధ్యలో గసిక ఆకారంలో ఉండే రాయిమీదపడే భారం $S$ (దానిపైఉన్న కట్టడపు రాళ్ల బరువు). ఆ రాయిని ఏ శక్తితో నొక్కుతుందో ఆ శక్తి $A$ అనే బాణం చేత సూచితమైంది. అయితే ఆ తలరాయి గసిక ఆకారంలో ఉన్నందుచేత కింద పడదు; అది అటూ ఇటూ ఉండే రాళ్లకేసి నొక్కుకుంటుంది. సమాంతర చతుర్భుజ సూత్రం ప్రకారం $A$ అనే శక్తిని విశ్లేషించగా $C$, $B$ అనే బాణపు గుర్తులచేత సూచించబడే రెండు శక్తులు వస్తాయి. ఈ రెండు శక్తులూ కూడా పక్కనవుండే ఇటుకల నిరోధంతో తటస్థమవుతాయి. ఆ యిటుకలు తమ పక్కన ఉన్న వాటిమధ్య నొక్కబడి ఉంటాయి. ఆ కారణంచేత ఆర్చికి ఎగువగా వుండే బరువు ఆర్చిని పడగొట్టలేదు. అలాకాకుండా లోపలనుంచి

---

* ఈ ప్రయోగం కొంత హానికరమైనది. జాగ్రత్త అవసరం. గుడ్డు పెంకు చేతుల్లో గుచ్చుకోగలదు.

తోసి ఆర్చిని పడగొట్టడం చాలా తేలిక. ఇందులో వింత ఏమీలేదు, ఇటుకలు కిందపడడానికి వాటి గసిక ఆకారం అడ్డంగాని, పైకి తొయ్యడానికి అడ్డమేమీలేదు.



చిత్రం 15. ఆర్చి బలంగా ఉండడానికి కారణం.

మన గుడ్డుపెంకు కూడా ఆర్చి లాటిదే, అయితే అది అన్నివైపుల మూయబడినది. బయటి వత్తిడితో అది అంత పెళుసైనది కదా అని మనం అనుకున్నంత తేలికగా పగలదు. బరువైన బల్లయొక్క నాల్గు కాళ్లకింద నాల్గు పచ్చిగుడ్లను నిలబెట్టినా అవి పగలవు (గుడ్లను నిలబెట్టాలంటే వాటికి పారిస్ ప్లాస్టరు ఆధారాలు అమర్చాలి, గుడ్డు పెంకులోని సున్నానికి పారిస్ ప్లాస్టరు గట్టిగా అంటుకుంటుంది).

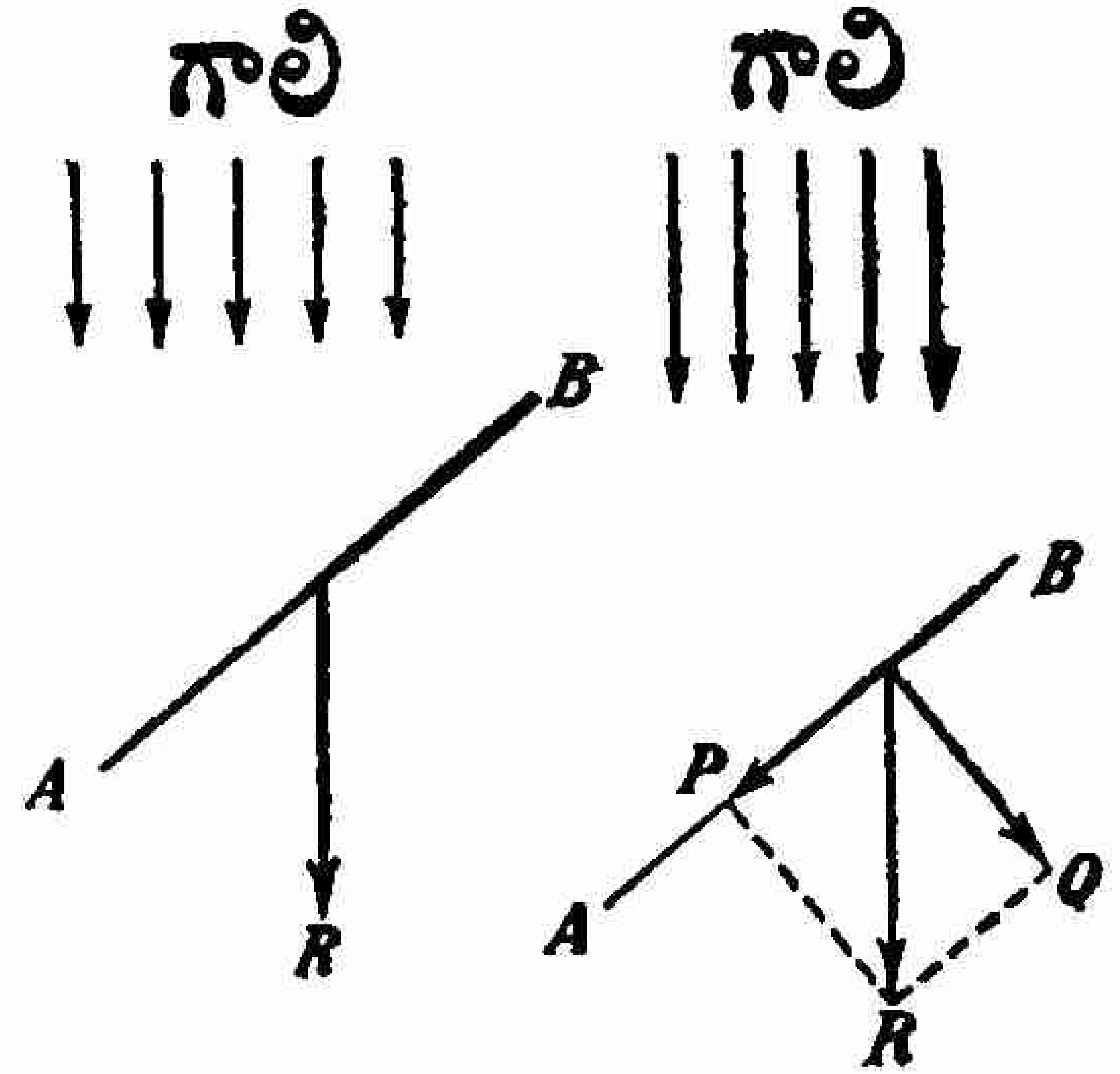
పొదిగే పెట్ట తన బరువుకు గుడ్డు చితికిపోతుందని భయపడవలసిన అవసరం ఎందుకులేదో మీకిప్పుడు అర్థమవుతుంది. కాని దుర్బలమైన కోడిపిల్ల లోపలినుంచి తన చిన్ని ముక్కుతో పెంకును సులువుగా పగలకొట్టి, "ప్రకృతి కల్పించిన చీకటి కొట్టు" నుంచి బయటపడుతుంది.

గుడ్డుపై భాగాన్ని చిన్న చెంచాతో పక్కగా కొట్టి పగలకొట్టేటప్పుడు అది ప్రాకృతిక పీడనాలకులోనైనప్పుడు ఎంత గట్టితనం కలదో, దానిలో పెరిగే జీవాన్ని ప్రకృతి ఎంత సురక్షితమైన కవచం ఇచ్చి రక్షిస్తోందో మనకు తట్టనైనా తట్టదు.

అతి సున్నితంగా, పెళుసుగా కనపడే ఎలెక్ట్రిక్ బల్బుకు గల అపారమైన బలాన్ని కూడా గుడ్డుపెంకుయొక్క గట్టితనం ద్వారా అర్థం చేసుకోవచ్చు. చాలా బల్బులలో (వాయుపూరితమైనవి కాక సూన్యప్రదేశం కలవి) బయటి గాలిపీడనాన్ని నిరోధించడానికి దానిలోపల ఏమీ వుండదని జ్ఞాపకం తెచ్చుకుంటే దాని గట్టితనం మరీ ఆశ్చర్యం కలిగిస్తుంది. ఎలెక్ట్రిక్ బల్బుమీద కలిగే గాలివత్తిడి తక్కువేం కాదు: అడ్డకొలత 10 సెం. మీ. గల బల్బు ఇరుప్రక్కలనుంచీ 75 కి. గ్రా. కంటె ఎక్కువ భారానికి గురి అవుతుంది. (అంటే ఒక మనిషి బరువు.) దీనికి రెండున్నర రెట్లు వత్తిడికి కూడా సూన్యప్రదేశం గల బల్బు తట్టుకోకలదని ప్రయోగాలద్వారా నిరూపించారు.

# ఎదురుగాలికి తెరచాప

తెరచాప పడవలు "ఎదురుగాలిలో" ఎలా నడుస్తాయో ఊహించడం కష్టం. గాలికి ఎట్టెదురుగా తెరచాప ఎత్తి ప్రయాణించడం సాధ్యంకాదని నావికులు ఒప్పుకుంటారు. కాని గాలికి దాదాపు ఎదురుగా, గాలికి లఘుకోణంలో వెళ్లగలరు. కోణం చాలా కొద్దిగా — సమకోణంలో నాలుగోవంతు — మాత్రమే వుంటుంది. గాలికి సూటిగా ఎదురుపోవడంలోను దానికి 22 డిగ్రీలు ఏటవాలుగా వెళ్లడంలోను ఏమితేడా ఉంటుందో ఊహించడం కష్టమే.

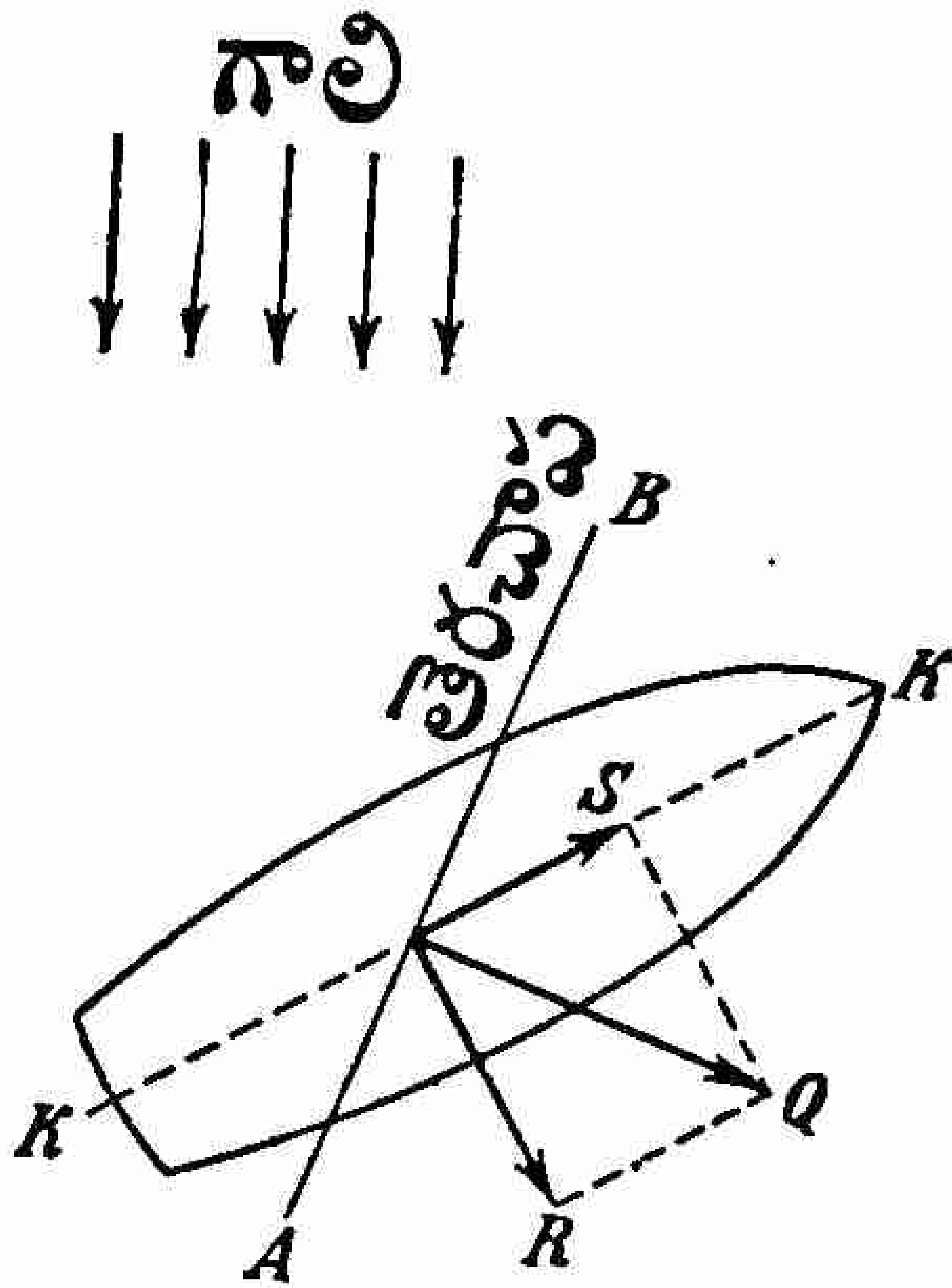


చిత్రం 16. వీచేగాలి తెరచాపను దాని సమతలానికి సమకోణంలో తోస్తుంది.

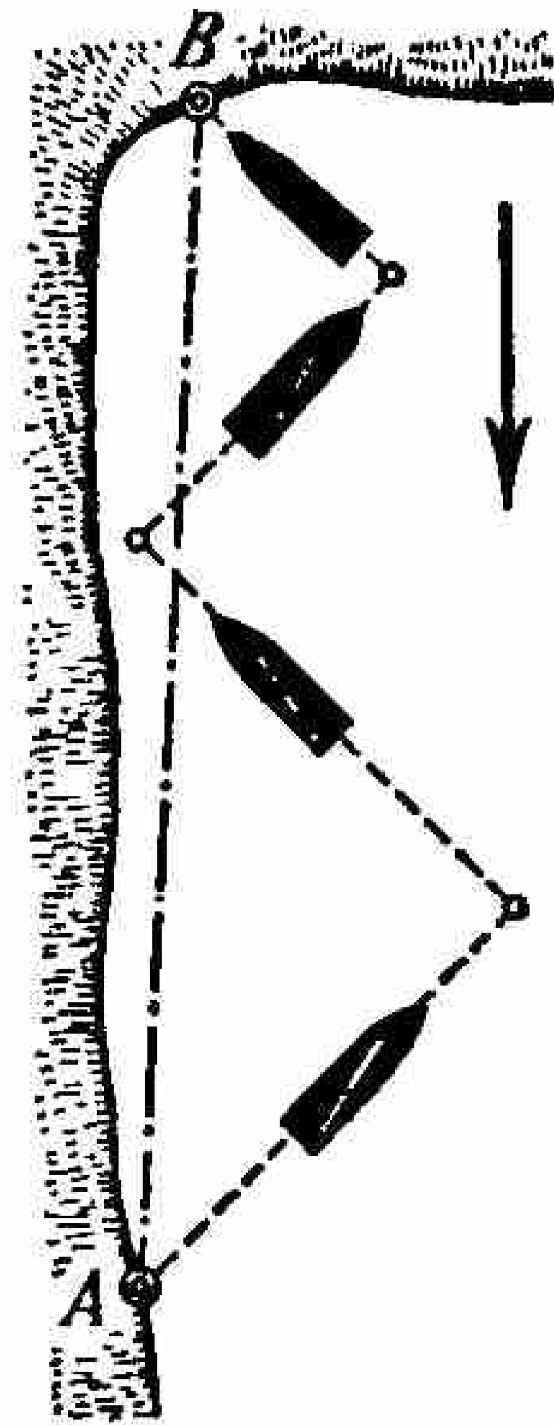
వాస్తవంలో తేడావున్నది. ఎదురు గాలిని వారునుకుంటూ వెళ్లగలిగే శక్తి తెరచాప పడవకు గాలివీతనుంచి ఏలా లభించేది వివరిస్తాను. అయితే, మామూలుగా తెరచాపమీద గాలివీత ఎలా పనిచేస్తుందో అనగా తెరచాపకు ఎదురుగా గాలి వీచేటప్పుడు దానినెటుగా తోస్తుందో ముందు తెలుసుకొందాం. గాలి ఎటువైపు వీస్తున్నదో అటువైపే తెరచాపను ఎల్లప్పుడూ తోస్తుందని మీరనుకుంటున్నారేమో. అది సరికాదు. గాలి ఏదిక్కువైపు వీచినా అది తెరచాపయొక్క సమతలానికి లంబకోణంలో తెరచాపను తోస్తుంది. చిత్రం 16 లో బాణాల గుర్తులున్న దిక్కుగా గాలి వీస్తున్నదనుకోండి. *AB* అనేది తెరచాప. తెరచాపనంతనూ గాలి ఒకేబలంతో తోస్తుంది కనుక ఆ బలాన్ని *R* గుర్తుతో సూచించవచ్చు. ఈ *R* అనే బలం తెరచాప నడిమధ్య ప్రయోగితమవుతుందనుకోవచ్చు. తెరచాపకు లంబంలో *Q* అనే బలము తెరచాప సమతలం వెంబడి *P* అనే బలము వచ్చేటట్టు *R* ను విశ్లేషిద్దాం (చిత్రం 16 లో కుడిపక్క). తెరచాపకు గాలికి మధ్య ఘర్షణ గమనించదగినది కాదు కనుక *P* బలం తెరచాపను తొయ్యదు, అందుచేత తెరచాపను లంబకోణంలో తోసే *Q* అన్న బలం మాత్రమే మిగులుతుంది.

ఈ సంగతి మనం మనస్సులో ఉంచుకున్నట్టయితే తెరచాప పడవ ఎదురుగాలికి కొద్దికోణంలో ఎలా వెళ్లగలిగేది తేలికగా అర్థమవుతుంది. చిత్రం 17 లో *KK* అన్నది వెన్నుదూలాన్ని సూచించే రేఖ అనుకుందాం. బాణాలు సూచించే దిక్కుగా గాలి వీస్తుంది.

అది ఈ పై రేఖకు లఘుకోణంలో వున్నది. $AB$ అన్నది తెరచాప. వెన్నుదూలానికి గాలివీచే దిక్కుకు మధ్యగల కోణాన్ని సమంగా రెండుగా విభజించేటట్లు తెరచాపను ఉంచుతారు. బలాలు ఎలా విశ్లేషణ అయ్యేది చిత్రం 17 లో చూపి ఉన్నది. తెరచాపపై గాలి ప్రయోగించే బలాన్ని $Q$ సూచిస్తుంది. ఇది తెరచాపకు లంబకోణంలో ఉంటుందని మనకు తెలుసు. దీనిని వెన్నుదూలానికి లంబకోణంలో $R$ అనే బలము వెన్నుదూలం వెంబడి ముందుకు పోయే దిశగా $S$ అనే బలము వచ్చేటట్లు విశ్లేషిద్దాం. $R$ దిశలో పడవ కదిలితే నీరు చాలా




చిత్రం 17. గాలి వాటానికి ఎదురుగా తెరచాపలతో ప్రయాణించే పద్ధతి.



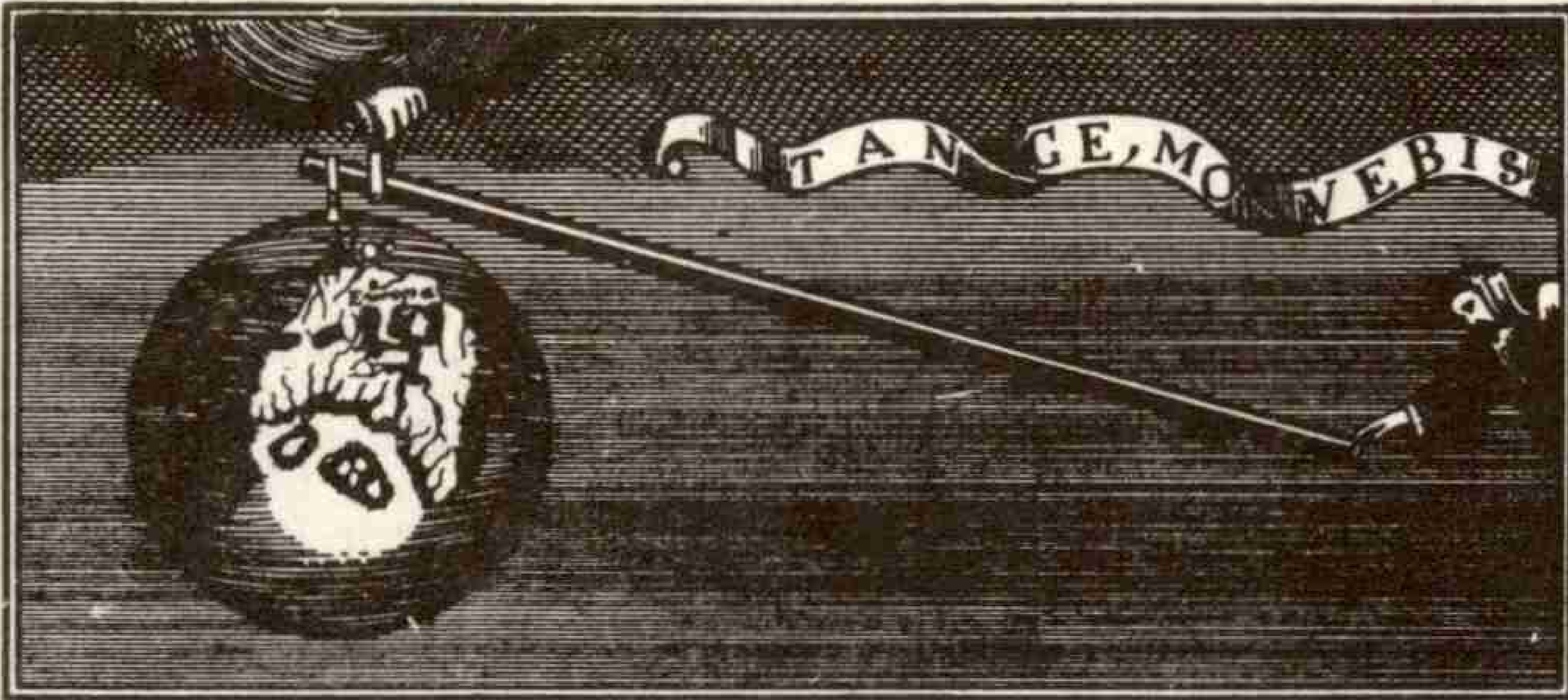

చిత్రం 18. తెరచాప పడవ దారి ఈ విధంగా వంకరటింకరగా ఉంటుంది.

నిరోధిస్తుంది, ఎందుచేతనంటే తెరచాపపడవల వెన్నుదూలాలు నీటిలో లోతుగా మునిగి ఉండేటట్లు చేస్తారు. ఆ విధంగా నీటినిరోధం వలన $R$ అనే బలం పూర్తిగా రద్దు చేయబడుతుంది. ఇక మిగిలినది $S$ మాత్రమే. ఇది ముందుకేసి వుండడంచేత పడవను ముందుకు, ఎదురు గాలికి కొంత కోణంలో, ఒకవిధంగా గాలివీతకు ఎదురుగా, నడుపుతుంది. (గాలివీచే దిక్కుకు వెన్నుదూలానికి మధ్యగలకోణాన్ని తెరచాప సమంగా రెండుగా విభజించినప్పుడు $S$ విలువ అత్యధికంగా వుంటుందని ఋజువు చేయవచ్చు.) సాధారణంగా నావికులు ఈలా ప్రయాణించేటప్పుడు పడవను చిత్రం 18 లో చూపినట్లు వంకరటింకరగా నడుపుతారు. వారు దానిని "తిప్పుడు" నడక అంటారు.

# ఆర్కిమిడీస్ భూమిని ఎత్తగలుగునా?

ప్రాచీన కాలంలో మెకానిక్సులో మేధావి అయి తులాదండ (లీవరు) సూత్రాలను కనిపెట్టిన ఆర్కిమిడీస్ "ఆధారం ఒకటి ఉన్నట్టయితే భూమిని పైకెత్తగలను" అనే కేక పెట్టాడని ఒక కథ చెపుతారు. "సైరక్యూజ్ రాజు అయిన గైరోన్ ఆర్కిమిడీస్ మిత్రుడూ, బంధువునూ. ఆర్కిమిడీస్ ఒకనాడు ఆయనకు లేఖ వ్రాస్తూ ఈ బలంతో ఎంతేసి బరువులనైనా ఎత్తవచ్చునన్నాడు. తన వాదనకు తానే వివశుడైపోయి యింకొక భూమి ఉన్నట్టయితే తాను దానిపైకి వెళ్లి ఈ మన భూమిని పైకెత్తుతానన్నాడు" అని ప్లూటార్కు వ్రాస్తున్నాడు.

తులాదండంతో అతిచిన్న బలం ఉపయోగించి ఎత్తలేని భారం లేదని ఆర్కిమిడీస్‌కు తెలుసును. దండంయొక్క అతి దీర్ఘబాహువుకు బలాన్ని హ్రస్వ బాహువుకు భారాన్ని సంధించాలి. అంతే. అందుచేత ఆయన ఏమనుకున్నాడంటే అతి దీర్ఘమైన దండంయొక్క బాహువును తన చేత్తో నొక్కితే భూమియొక్క బరువుకు తుల్యమైన భారం కూడా పైకిలేస్తుందనుకున్నాడు. *




చిత్రం 19. "భూమిని ఎత్తుచున్న ఆర్కిమిడీస్" (వేరినియన్ రచించిన మెకానిక్సు గ్రంథం(1787) లోని చిత్రంనుంచి).

---

* సమస్య నిష్కర్షగా ఉండగలందులకు భూమిని పైకెత్తడమంటే భూమి మీద నే ఉండి, భూమియొక్క బరువుకు సమమైన భారాన్ని ఎత్తడం అనుకుందాం.

ఈ గొప్ప ప్రాచీన మెకానిక్సు విద్వాంసుడికి భూమికిగల బరువు ఎంత అపరిమితమో తెలిసివుంటే ఆయన తన మాటలను తానే దిగమింగి ఉండే వాడనుకుంటాను. మాటవరసకు, ఆర్కిమిడీస్ కోరినట్టు మరొక భూమి లభ్యమైనది అనుకుందాం, ఆయనకు కావలసిన ఆధారం కూడా దొరికిందనుకుందాం. అంతేకాదు ఆయన తనకు కావలసినంత పొడుగుగల దండం కూడా తయారు చేసుకోగలిగాడనుకుందాం. భూమియొక్క భారానికి సమానమైన బరువును కనీసం ఒక సెం.మీ. మేర ఎత్తడానికి ఆయనకు ఎంతకాలం పడుతుందో మీకు తెలుసా? ముప్పై మిలియను మిలియనుల ఏళ్ళు పట్టుతుంది. దానికేమీ తగ్గదు!

అదెలాగో చూద్దాం. నక్షత్రవేత్తలకు భూమియొక్క బరువు తెలుసు. భూమితో సమానమైన భారంగల వస్తువు భూమిపైన ఉంటే దాని బరువు

6,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,000 టన్నులు.

ఒక మనిషి తన స్వశక్తితో ఎత్తగలబరువు 60 కి.గ్రా. అనుకున్నట్టయితే అతను భూమిని ఎత్తడానికి ఉపయోగించే దండంయొక్క దీర్ఘ భుజం హ్రస్వ భుజంకన్న ఉండవలసినది

1,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,000 రెట్లు!

ఆ దండంయొక్క హ్రస్వభుజం కొన ఒక సెంటిమీటరు పైకి లేవాలంటే దండంయొక్క రెండో చివర విశ్వాంతరాళంలో బ్రహ్మాండమైన చాపం గీస్తుంది. దాని దైర్ఘ్యం మీరు సులువుగా గణించుకొనవచ్చు; అది

10,00,00,00,00,00,00,00,00,000 కిలోమీటర్లు.

భూమిని ఒక్క సెంటిమీటరు ఎత్తడానికి దండాన్ని నొక్కే ఆర్కిమిడీస్ చేయి ఊహాకందని అంతదూరం కదలాలి ఇందుకు ఎంతకాలం పడుతుంది? ఆర్కిమిడీస్ 60 కిలోగ్రాముల బరువును ఒక సెకండు కాలంలో ఒక మీటరు దూరం ఎత్తగలడనుకున్నప్పటికీ — ఇది ఇంచుమించు ఒక హార్సు పవరుకు సమానమైన పనితనము! — ఆయన ఒక్క సెంటిమీటరు "భూమిని ఎత్తడానికి" పట్టేకాలం

1,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,000 సెకండ్లు

లేక 30 మిలియను మిలియన్ల సంవత్సరాలు! ఆయన దీర్ఘమైన తన జీవితమంతా దండాన్ని నొక్కినప్పటికీ భూమిని అతి సన్నని వెంట్రుక ప్రమాణం వాసి ఎత్త జాలడు....

ఎంత తెలివితేటలున్నప్పటికీ యీ మేధావి ఈ ప్రమాణాన్ని చెప్పుకోదగినంతగా తగ్గించలేడు. ఎందుకంటే మెకానిక్స్‌యొక్క "బంగారు సూత్రం" ప్రకారం ఏ యంత్రంలో

నైనా శక్తిలో లాభం కలిగితే తప్పక చలనదైర్ఘ్యంలో, అంటే కాలంలో, నష్టం కలుగుతుంది. ఆర్కిమిడీస్ తన చేతిని సృష్టితో సాధ్యమయ్యే అధికతమ వేగంతో, అంటే సెకనుకు 3,00,000 కి.మీ. (కాంతి వేగము), కదిలించినా అటువంటి ఊహాగానంలో కూడా కోటి సంవత్సరాల తరవాతే ఒక సెంటిమీటరు ఎత్తు "భూమిని ఎత్తగలడు."

# జూల్స్ వెర్న్ బలశాలి, ఓయ్‌లర్ సూత్రమూ

జూల్స్ వెర్న్ మహాబలశాలియైన వస్తాదు పాత్ర మతిఫూ అనేది మీకు జ్ఞాపకం ఉన్నదా? "అతని తల దివ్యమైనది; అతని మహా కాయానికి తగినది. అతని ఛాతీ కమ్మరి కొలిమితిత్తులే, కాళ్లు లావుపాటి దూలాలు, చేతులు నిజంగా క్రేన్‌యంత్రాలే, పిడికిళ్లు సమ్మెటల లాగ కనిపించేవి." "మథియాస్ శాండోర్ఫ్" అనే నవలలో వర్ణింపబడిన ఈ బలశాలి సాహసచర్యలలో "ట్రబకోలో" అనే నౌకకు సంబంధించిన ఆశ్చర్యకరమైన విషయం మీకు జ్ఞాపకం ఉండే ఉంటుంది. సముద్రప్రవేశం చేయమన్న ఆ నౌకను ఆ మహాకాయుడు తన భుజబలంతో పట్టి ఆపాడు. యీ సాహస కృత్యాన్ని జూల్స్ వెర్న్ యిలా అభివర్ణించాడు.

" 'ట్రబకోలో' సముద్ర ప్రవేశం చెయ్యనున్నది. పక్కలంట ఆనిపెట్టి ఉన్న దిమ్మలను తీసి వేసారు. లంగరు మోకులను ఊడదియ్యడమే తడవు నౌక కిందకు జారుతుంది. అరడజనుమంది వడ్రంగులు వెన్నుదూలంకింద చురుకుగా పని చేస్తున్నారు. ప్రేక్షకులు కుతూహలంతో ఈ తంతుని గమనిస్తున్నారు.

"సరిగా ఆ క్షణంలో తీరంలోనున్న అగ్రం చాటునుంచి ఒక విహార నౌక వెలువడింది. అది రేవులోకి రావడానికి 'ట్రబకోలో'ను సముద్రప్రవేశంకోసం ఏ డాకులో తయారు చేస్తున్నారో ఆ డాకు ముందునుంచి వెళ్లాలి.

"అంచేత అది సిగ్నలు ఇచ్చిన వెంటనే ఏ అపాయం జరగకుండా ఉండేందుకు 'ట్రబకోలో' ప్రవేశసంరంభాన్ని విహారనౌక కాలువలోకి పోయేవరకూ తాత్కాలికంగా నిలిపారు. అలాకాక ఒకదానికొకటి అడ్డంగా అతి జోరుగా కదులుతూన్న రెండు నౌకలూ ఢీకొన్నాయంటే విహారనౌక నాశనం అయి ఉండేది.

"పనివాళ్లు సుత్తులతో టక్కుటక్కు మనడం ఆపారు. తెల్లని తెరచాపలమీద వాలుకిరణాల ఎండపడి బంగారంలాగా మెరుస్తున్న వయారపు విహారనౌకపైపే అందరి

కళ్ళ్లా వున్నాయి. అది ముందుకు వచ్చేసే క్షణంలో భీతితో కూడిన పెద్ద కేక వెలువడింది: 'ట్రబకోలో' కంపించి, సముద్రంలోకి జారుడుపట్టాల వెంబడి దిగి రా సాగింది.

"ఆకస్మికంగా ఒక మనిషి ముందుకు దూకి లాగుడుతాళ్ళు అందుకుని రెప్పపాటులో వాటిని భూమిలో పాతి వున్న ఒక ఇనుప గుంజకు చుట్టి వేశాడు. తాను నజ్జు అయిపో వచ్చునన్నది కూడా ఆలోచించకుండా అతను అమానుషమైన బలంతో మోకును పది సెకండ్ల పాటు లాగి పట్టి వుంచాడు. ఆ తరువాత అది తెగిపోయింది. అయితే ఈ 10 సెకండ్లే సరిపోయింది; 'ట్రబకోలో' విహార నౌకను తాకీ తాకకుండా జలప్రవేశం చేసింది.

"యీ వీరుడు మతివూ తప్ప మరెవ్వరూ కాదు."

ఇటువంటి సాహసకార్యం చెయ్యడానికి మతివూలాగ "శార్దూల బలుడైన" మహా కాయుడు అవసరం లేదని తెలిస్తే నవలాకారుడు ఎంతగా ఆశ్చర్య పడేవాడోననుకుంటాను. ఉపాయశాలి అయిన వాడెవడయినా ఆ పని చేసి వుండవచ్చు.

గుండ్రని క్రస్తంభం చుట్టూ చుట్టిన మోకు జారేటప్పుడు ఘర్షణబలం చాలా ఎక్కువ ఉంటుందని మెకానిక్సు చెబుతున్నది. స్తంభం చుట్టూ మోకుయొక్క చుట్ల సంఖ్య ఎక్కువ అవుతున్నకొద్దీ – ఘర్షణబలం ఎక్కువ అవుతుంది. మోకుయొక్క చుట్లు సంకలన వృద్ధి (arithmetic progression) లో వుండే ఘర్షణ గుణ వృద్ధి (geometric progression) లో ఉంటుంది. అదీ ఘర్షణ అభివృద్ధి అయే నియమం. దీనినిబట్టి తేలేదేమంటే, స్తంభానికి తాడును మూడు, నాలుగు చుట్లు చుట్టినట్టయితే చిన్నపిల్లవాడు కూడా వేలాడే చివరపట్టుకొని అపరిమితమైన భారాన్ని భరించగలుగుతాడు.

నదుల ఓడరేవుల్లో చిన్న పిల్లలు, వందలేసి ప్రయాణీకులెక్కియున్న పడవను యీ విధంగానే ఆపగలుగుతారు. అందుకు తోడయేది అమానుషమైన బలం కాదు – క్ర స్తంభానికీ తాడుకీ మధ్య ఘర్షణ.

18 వ శతాబ్దికి చెందిన ప్రసిద్ధ గణిత వేత్త ఓయ్‌లర్ స్తంభంచుట్టూ తాడు యొక్క చుట్ల సంఖ్యను బట్టి ఘర్షణ ఏ అనుపాతంలో పెరిగేదీ ధ్రువపరిచాడు. ఆల్జీబ్రాలోని కుద్దింపు రాతలంటే "గాభరా" లేని వారికోసం ఒక నేర్చుకోదగిన ఓయ్‌లర్ సూత్రం ఇస్తున్నాను:

$$F=fe^{ka}.$$

ఇందులో $F$ అనేది నిగ్రహించబడే బలము, $f$ అనేది నిగ్రహించడానికి ఉపయోగించే బలం. $e$ సహజలాగరితం ఆధారం 2.718... $k$ తాడుకూ గుంజకూ మధ్య ఘర్షణ గుణకం. $a$ "చుట్టు కోణం" లేక గుంజ చుట్టూ గుంజను తాకుతూ ఉన్న తాటి చాపపు నిడివికీ, ఆ చాపపు అర్ధవ్యాసానికిగల నిష్పత్తి.

యీ సూత్రాన్ని జూల్స్ వెర్న్ చెప్పిన సందర్భానికి అనువర్తింపజేసి చూస్తే మనకు విస్మయం కలుగుతుంది. యీ సందర్భంలో $F$ అనేది డాకుమీదుగా జారే నావయొక్క లాగుడు బలం. నావ బరువు 50 టన్నులని నవలలో చెప్పి వున్నది. నావ జారే బెర్తు ఏటవాలు పదిలో ఒకటి (1:10) అనుకున్నట్టయితే నావ తన బరువునంతా మోకుపైన వెయ్యదు, 10 వ వంతు మాత్రమే — అనగా 5 టన్నులు లేక 5,000 కిలోగ్రాములు — వేస్తుంది.

ఇనుప గుంజకూ మోకుకూ మధ్య ఘర్షణగుణకం $k$ $^1/_3$ అనుకుందాం. మరిపూ మోకును గుంజచుట్టూ 3 సార్లు చుట్టాడు అనుకుంటే $\alpha$ ను సులువుగా లెక్కకట్టవచ్చు:

$$\alpha = \frac{3 \times 2\pi r}{r} = 6\pi;$$

ఇప్పుడు ఈ విలువల నన్నిటినీ ఓయ్‌లర్ సూత్రంలో వాటివాటి స్థానాల్లో ఉంచితే ఈకింది సమీకరణం వస్తుంది

$$5{,}000 = f \times 2.72^{6\pi \cdot \frac{1}{3}} = f \times 2.72^{2\pi}$$

లాగరితములను ఉపయోగించి మనకు తెలియని $f$ ను (వాకను విలవ వేయడానికి ఉపయోగించవలసిన బలాన్ని) పై సమీకరణం ప్రకారం ఇలా కనుక్కోవచ్చు.

$$lg5{,}000 = lgf + 2\pi lg2.72$$

అప్పుడు

$$f = 9.3 \text{ కిలోగ్రాములు.}$$

అంటే ఆ సాహసకార్యం చేయడానికి ఆ మహాకాయుడు 10 కిలోగ్రాముల బలంతో మోకును లాగి పట్టితే చాలన్నమాట.

10 కిలోగ్రాముల బలమనేది కేవలం సిద్ధాంతరీత్యా కనిపించేది తప్ప వాస్తవంగా ఇంకా హెచ్చు బలం అవసరం కావచ్చుననుకొనేరు. నిజానికి, జనపనార మోకును కొయ్య దుంగకు చుట్టినట్టయితే ఇంత బలం కూడా అవసరం లేదు. అప్పుడు ఘర్షణ గుణకం ($k$) ఇంకా హెచ్చుగా వుండి మనం ఉపయోగించవలసిన బలం చాలా అల్పంగా వుంటుంది. తాడు చాలినంత గట్టిదై లాగుడు బలాన్ని కాయగలిగేదై ఉండాలే కాని పసిపిల్లవాడు కూడా ఆ మోకును గుంజచుట్టూ మూడు నాలుగు చుట్లు తిప్పి జూల్స్ వెర్న్‌గారి బలాఢ్యుడి సాహసకార్యం తిరిగిచేయడమే కాక అతడిని అధిగమించగలడు కూడా.

# ముడుల గట్టితనం దేనిమీద ఆధారపడి ఉంటుంది?

నిత్యజీవితంలో మనం అనుకోకుండానే ఓయ్‌లర్ సూత్రం సూచించేలాభాన్ని వాడుతున్నాం. నిజానికి ముడి అనేది ఏమిటి? ఒక సిలిండరు చుట్టూ చుట్టిన దారమే కద. ఈ సందర్భంలో ఆ సిలిండరు దారమే అవుతోంది. నావికులూ, తదితరులూ, వేసే రకరకాల ముడుల బలం కేవలమూ ఘర్షణ పైనే ఆధారపడి వుంటుంది. మోకు గుంజను చుట్టిన విధంగా దారం తనను తానే చుట్టడంవల్ల ఘర్షణ అనేక రెట్లు హెచ్చు తుంది. ఇది నిజమో కాదో తెలుసుకోవాలంటే ఏముడిలోనైనా తాడు తిరిగే మెలికలను గమనించండి. మెలికల సంఖ్య ఎంత హెచ్చుగా వుంటే అన్ని రెట్లు దారం తనచుట్టూ తాను మెలివేసుకుంటుంది; ''చుట్టు కోణం'' అంత ఎక్కువ; ముడి అంత గట్టిగా వుంటుంది.

గుండీలు కుట్టేటప్పుడు అనుకోకుండానే దర్జీవాడీ సూత్రాన్నే అమలుచేస్తాడు. వాడు కుట్టు చుట్టూ దారాన్ని అనేక సార్లు చుట్టి దారాన్ని తెంపేస్తాడు. దారం గట్టిగా వున్నంత కాలమూ గుండీకి చలనం వుండదు. ఇక్కడ మనకు అప్పుడే పరిచయమున్న సూత్రం వర్తిస్తుంది. దారపు చుట్ల సంఖ్య సంకలన వృద్ధిలో హెచ్చితే కుట్టుయొక్క గట్టితనం గుణవృద్ధిలో హెచ్చుతుంది.

ఘర్షణ లేకపోతే మనం గుండీలను వాడలేకపోయే వాళ్లం: వాటి బరువుకు కుట్టు దారం వూడివచ్చి అవి కింద పడిపోయేవి.

# ఘర్షణ లేకపోతే

ఘర్షణ ఎన్ని రూపాల ప్రదర్శితమవుతుందో, ఒక్కొక్కప్పుడు అనుకోని విధంగా ఎలా ప్రత్యక్షమవుతుందో మీరు చూశారు. ఘర్షణ ఉన్నదని మనం కలలో కూడా తలవని సందర్భంలో సహితం అది ప్రముఖపాత్ర నిర్వహిస్తుంది. అకస్మాత్తుగా ఘర్షణ అన్నది లేకుండా పోయినట్టయితే మనకు బాగా అనుభవంలో వుండే అనేక విషయాలు అస్తవ్యస్త మవుతాయి.

ఘర్షణ నిర్వహించే పాత్రను గురించి గిలోమ్ అనే ఫ్రెంచి భౌతికశాస్త్రవేత్త చాలా రమ్యంగా వివరించాడు.

''మంచు గడ్డకట్టిన పేవ్మెంట్లపైన మీరందరూ నడిచి వుంటారు, పడకుండా వుండడం ఎంత కష్టమయిందో మీకు తెలుసు. తూకంగా నడవాలంటే మీరెన్ని మెలికలు తిరగవలసి వచ్చింది! దీనిని బట్టి మనం మామూలుగా రోజూ నడవడానికి ఉపయోగించే భూమికి ఒక అమూల్యమైన గుణం ఉందని ఒప్పుకోవాలి, కనుకనే మనం ఎలాంటి ప్రయాస లేకుండా తూకం ఉంచుకో గలుగుతున్నాం. మనం జారుడు రోడ్డుమీద సైకిలు తొక్కు వప్పుడు, తారు రోడ్డుమీద ఒక గుర్రం జారిపడినప్పుడు, ఇదే అనిపిస్తుంది. ఇలాటి విషయాలు గమనించినమీదట మనకు ఘర్షణయొక్క ఫలితాలు బోధపడుతాయి. యంత్రాలలో సాధ్య మయినంతవరకు దానిని లేకుండా చెయ్యడానికి ఇంజనీరులు కృషిచేస్తారు, వారు చేసేది మంచిదే, వినియోగాత్మకమైన మెకానిక్స్లో ఘర్షణ పూర్తిగా అవాంఛనీయంగా పరిగణింపబడుతుంది. అదీ నిజమే.... అయితే ఇది కొద్ది పరిధిలో మాత్రమే. మిగిలిన అన్ని రంగాలలోను మనం ఘర్షణకి ఋణపడి వున్నాం. దీనివల్ల మనం నడుస్తున్నాం, కూర్చుంటున్నాం, పని చూసు కుంటున్నాం; పుస్తకాలు, సిరాబుడ్లు జారి నేలమీద పడిపోతాయని గాని, బల్లలు జరిగి వెళ్లి ఏమూలకో కొట్టుకుంటాయని గాని, మన వేళ్లమధ్యనుంచి కలాలు జారి పడిపోతాయని గాని భయం లేదు.

''ఘర్షణ ఎంత సర్వవ్యాప్తమయినదంటే, అరుదుగా కొద్ది సందర్భాలలో తప్ప, మనం దానికొరకు వెతకనవసరం లేదు; అది తనంతటతానే ప్రత్యక్షమవుతుంది.

''ఘర్షణవల్ల స్థిరత్వం సాధ్యమవుతుంది. వడ్రంగులు చదను చేసిన నేలపైన కుర్చీలు, బల్లలూ, పెట్టినవి పెట్టినట్టుగా వుంటాయి. బల్లలమీద పెట్టే పాత్రలు, పళ్లేలు, గ్లాసులు మన ప్రమేయం లేకుండా పెట్టిన చోటే ఉంటాయి — కుదుపులో నున్న ఏ ఓడలోనో అయితే తప్ప.

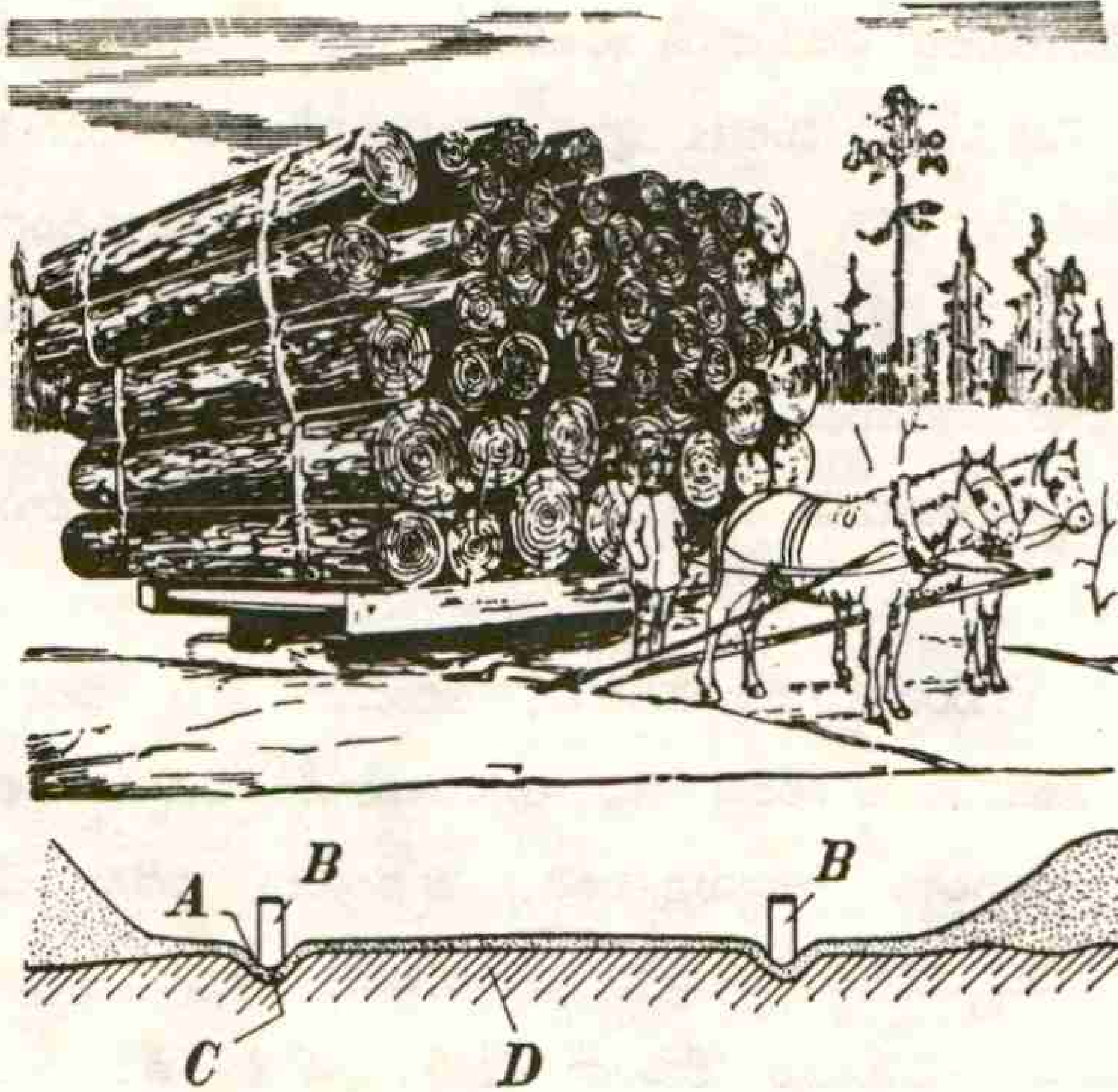
''ఘర్షణ అన్నది మచ్చుకైనా లేకుండా చేయగలం అనుకుందాం. అప్పుడిక, కొండరాయి అయేది ఇసుకపలుకయేది ఏ ప్రమాణంలోనున్న వస్తువులైనా ఒకదానిపై ఒకటి నిలకడగా వుండవు. అన్ని వస్తువులూ ఒకే మట్టానికి చేరుకునేదాకా ప్రతి వస్తువూ జారుతుంది, దొర్లుతుంది. ఘర్షణ లేకపోతే భూమి ఎగుడు దిగుడులు లేని గోళంలాగ నీటి బిందువు ఆకారంలో వుండును.''

ఇంతటితో పోదు. ఘర్షణ లేకపోతే గోడలనుంచి మేకులూ, మరమేకులూ ఊడివస్తాయి. మనకే వస్తువూ పట్టు చిక్కదు, ఏ సుడిగాలి ఎప్పటికీ విలిచి పోదు, ఏ ధ్వనీ నమసి పోక, అనంతంగా బలహీనం చెందకుండా, గది గోడలమధ్య ప్రతిధ్వనిస్తూ వుంటుంది.

ఘర్షణయొక్క అత్యంతావశ్యకతను మంచుగడ్డ కప్పిన పేవ్మెంట్లవల్ల మనం ప్రతిసారి ఒక పాఠంలో లాగ తెలుసుకుంటాం. నేలమీదపడిన మంచు గడ్డకట్టుకునే వాతావరణంలో

మనం ఇల్లు దాటి బయటికి వెళ్లినట్టయితే మనం పూర్తిగా అసహాయులమై ఎక్కడ పడి పోతామోనని భయపడతాం. 1927 డిసెంబరు పత్రికలలో పడిన యీ వార్తలు తెలుసుకోదగినవి.

"లండను, 21. రోడ్లపైన మంచు గడ్డకట్టుకుపోవడంచేత లండను వీధులలో బళ్లకూ, ట్రాములకు ఎంతో చిక్కు ఏర్పడింది. సుమారు 1,400 మంది చేతులూ, కాళ్లూ విరిగి ఆస్పత్రులలో చేర్చబడ్డారు."




చిత్రం 20. ఎగువ: మంచుమీద చక్రాలు లేని బండి. రెండు గుర్రాలు 70 టన్నుల బరువు లాగుతున్నాయి. దిగువ: మంచుదారి; *A* – గాడి; *B* – మంచు పట్టాలు; *C* – గట్టి పడిన మంచు; *D* – నేల.

"హైడ్‌పార్కు సమీపంలో మూడు కార్లు రెండు ట్రాము వేగనులను ఢీకొన్న ఫలితంగా కార్లలోని పెట్రోలు అంటుకుని ఆ మూడు కార్లూ పూర్తిగా తగలబడిపోయాయి."

"పారిస్ 21. రోడ్లపైన మంచు గడ్డకట్టుకుపోవడంచేత పారిస్‌లోనూ శివార్లలోనూ అనేక ప్రమాదాలు జరిగాయి."

అయినప్పటికీ మంచుగడ్డమీద ఘర్షణ తక్కువ కావడం సాంకేతికంగా ఉపయోగ పడుతున్నది. ఒక ఉదాహరణ స్లెడ్జి అనే చక్రాలులేని బండి. ఇంతకన్న మంచి ఉదాహరణ "మంచుగడ్డ దారి" అనబడేది. అడవిలో కొట్టిన కలపను రైలు స్టేషనుకు గాని, కలపను

తెప్పలుగా కట్టే రేవుకి గాని చేర్చడానికి అలాటి దారి తయారుచేస్తారు. నున్నగా జారుడుగా ఉండే మంచుపట్టాలుగల అలాటి దారి పైన 70 టన్నుల కలప పేర్చిన స్లెడ్జ్‌ని రెండు గుర్రాలు లాగగలవు (చిత్రం 20).

# "చెల్యూస్కిన్" నౌక ప్రమాదానికి భౌతిక కారణం

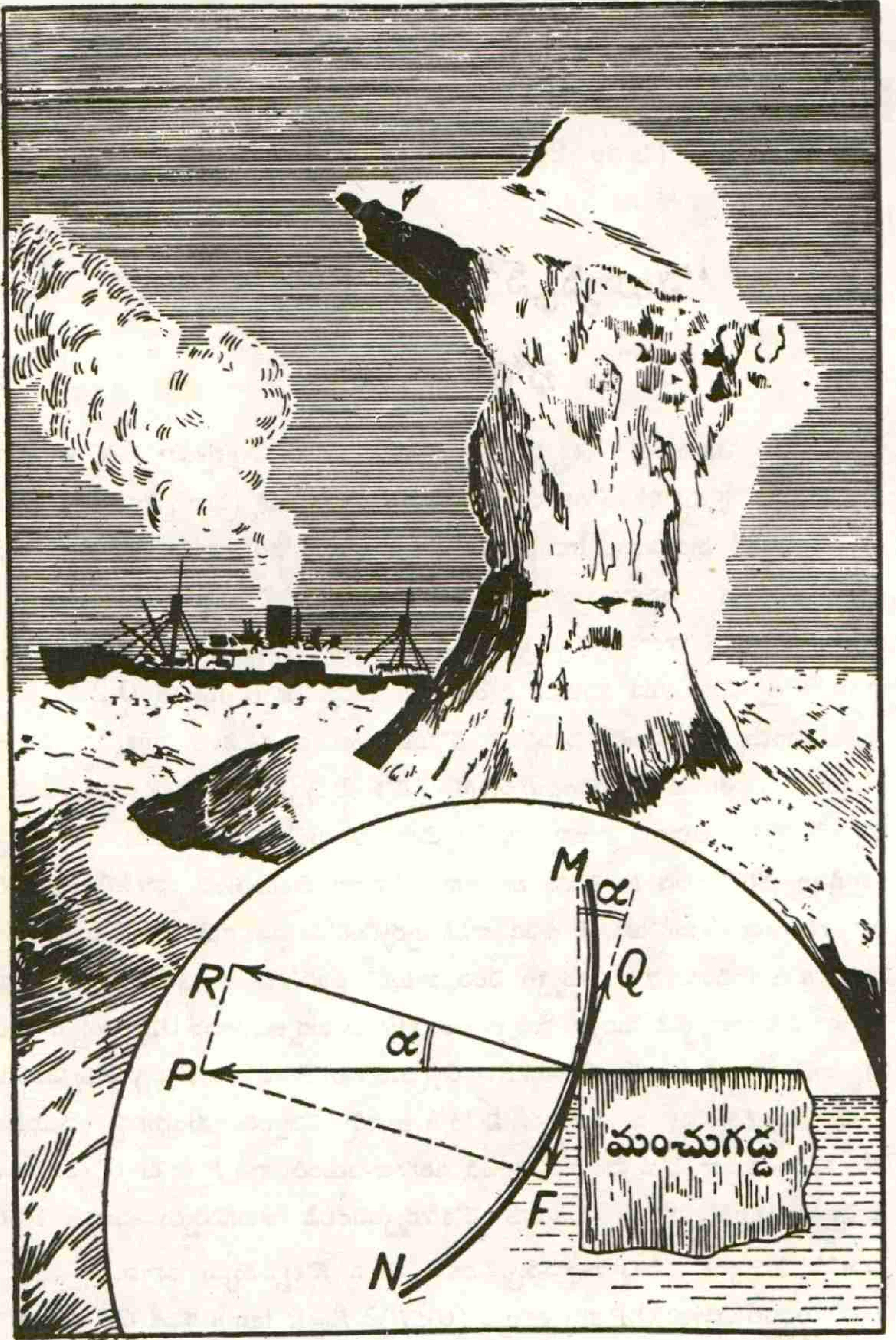
నేను చెప్పినదాన్ని బట్టి మంచుగడ్డమీద ఘర్షణ ఎల్లప్పుడూ అతి స్వల్పంగా ఉంటుందన్న నిర్ణయానికి తొందరపడి రాకూడదు. సున్నా ఉష్ణోగ్రతా ప్రాంతాలలో కూడా అది హెచ్చుగానే వుండవచ్చు. హిమవిధ్వంస నౌకలు రావడం వలన వాటి ఇనుప కవచంపైన ధ్రువ ప్రాంతపు మంచుగడ్డకుండే ఘర్షణ సమగ్రంగా పరిశోధించబడింది. ఈ ఘర్షణ అనుకున్నదాని కన్న చాలా హెచ్చు. ఇనుముకూ ఇనుముకూ మధ్య ఉండేదానికంటె తక్కువ కాదు: కొత్త నౌక ఇనుప కవచానికీ మంచుగడ్డకీ మధ్య ఘర్షణ గుణకం 0.2

మంచు సముద్రాలలో పయనించే నౌకలకు యీ అంకె ఎంత ముఖ్యమో తెలుసుకోవటానికి చిత్రం 21 పరిశీలించుదాం. $MN$ నౌక పార్శ్వతలంమీద మంచుగడ్డ పీడనం కలిగించేటప్పుడు బలాలు ఎటుగా పనిచేస్తాయో అందులో చూపబడింది. మంచుగడ్డ ఒత్తిడివల్ల కలిగే బలం $P$ రెండు బలాలుగా విశ్లేషణం పొందుతుంది. వాటిలో $R$ అనేది పార్శ్వానికి లంబకోణంలోనూ, $F$ అనేది దానికి స్పర్శరేఖలోను ఉంటాయి. $P$, $R$ ల మధ్యగల కోణం $\alpha$ లంబదిశకు నౌక పార్శ్వం ఎంత వాలులో ఉందో ఆ వాలుకి సమానం. మంచు గడ్డకూ నౌక పార్శ్వానికీ మధ్యగల ఘర్షణ బలం $QR$ ను ఘర్షణ గుణకం 0.2 పెట్టి గుణించినట్టయితే వస్తుంది. అంటే $Q=0.2R$. $Q$ ప్రమాణం $F$ ప్రమాణం కన్న తక్కువయితే, $F$ పీడనం కలిగిస్తున్న మంచుగడ్డను నీటిలోకి యీడ్చి వేస్తుంది. మంచుగడ్డ ప్రమాదం ఏమీ కలిగించకుండా నౌక పార్శ్వం వెంబడి జరగగలుగుతుంది. కాని $F$ కంటె $Q$ ప్రమాణం హెచ్చైన పక్షంలో, ఘర్షణ మంచును నౌకపార్శ్వంవెంబడి జరుగనివ్వదు. మంచు కొంత సేపటికి పార్శ్వంలో పొట్టపెట్టవచ్చు, దానిని నలుగ గొట్టవచ్చును కూడా.

అయితే ఎప్పుడు $Q$ $F$ కన్న తక్కువ $(Q<F)$? $F=R\tan\alpha$ కనుక $Q<R\tan\alpha$ అనే అసమానత్వం నిజమవాలి. అయితే $Q=0.2R$ కాబట్టి $Q<F$ అనే అసమానత్వం

$$0.2R<R\cdot\tan\alpha$$ అనే అసమానత్వాన్ని ఇస్తుంది.

అంటే $\tan\alpha>0.2$.




చిత్రం 21. మంచులో చిక్కుకున్న "చెల్యూస్కిన్". దిగువ: నౌక పొట్ట *MN* పైన మంచు ఒత్తిడిమూలంగా ఉండే బలాలు.

ఈ 0.2 టాంజెంటుకు సరియైన కోణం ఏదో టేబుల్సులో వెతుకుదాం. అది 11 డిగ్రీల కోణం. అంటే $\alpha>11^\circ$ అయినప్పుడు $Q<F$ అవుతుంది. దీనిని బట్టి తేలేదేమంటే నౌకయొక్క పార్శ్వ లంబానికి 11 డిగ్రీలు తగ్గకుండా నౌక క్షేమంగా మంచుగుండా వెళ్ళగలుగుతుంది.

ఇప్పుడు "చెల్యూస్కిన్" ప్రమాదం గురించి ఆలోచింతాం. ఈ నౌక హిమ విచ్ఛేదక నౌక కాదు, అది ఉత్తర సముద్ర మార్గమంతా విజయవంతంగా నడిచి, బెరింగ్ జలసంధిలో మంచుమధ్య చిక్కుకు పోయింది.

ప్రవాహ హిమం "చెల్యూస్కిన్"ను ఉత్తరంగా మోసుకుపోయి, చివరకు నలగ గొట్టేసింది. రెండునెలలు సాగిన "చెల్యూస్కిన్" యాత్రికుల మంచులోని అగచాట్లు, వారిని సోవియట్ వైమానికులు రక్షించడము చాలామందికి ఇంకా జ్ఞాపకం ఉండవచ్చు.

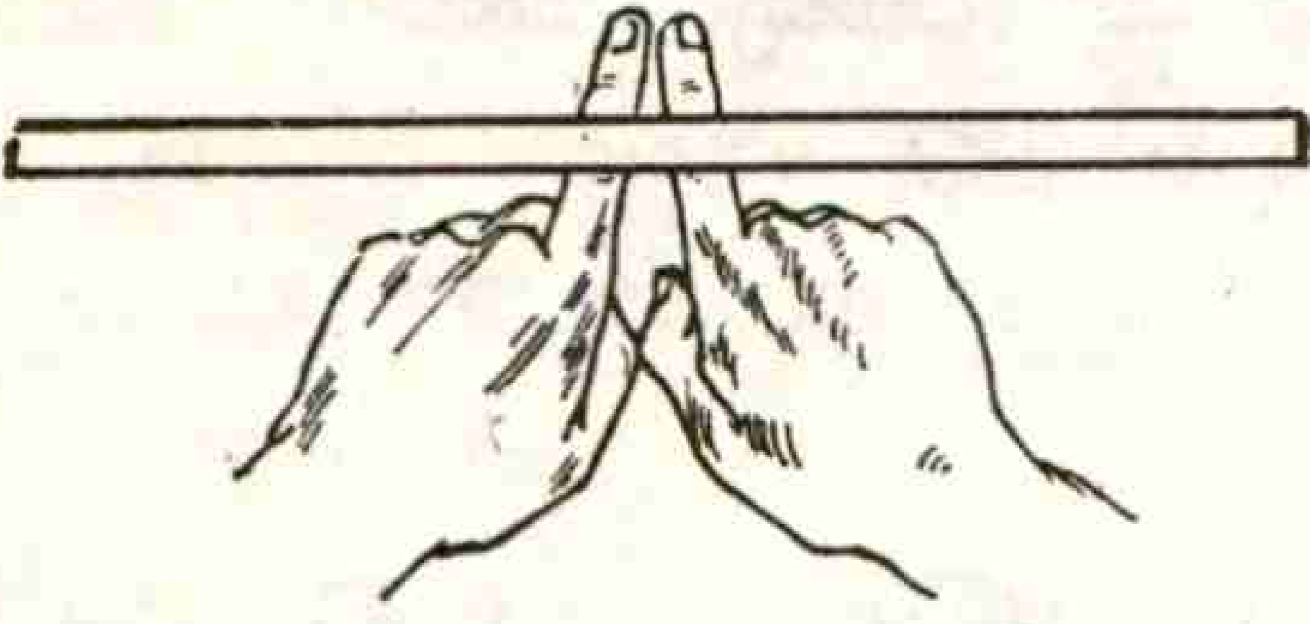
ప్రమాద వర్ణన ఇలా వున్నది:

"బలమైన కవచపులోహం ఒకంతట లొంగలేదు. మంచుగడ్డ నౌక పార్శ్వాన్ని లోపలకి నొక్కుతూ వుండడమూ దానికి ఎగువగా వున్న కవచపురేకులు పైకి ఉబకడమూ మాకు కనబడుతూనే వుండింది. మంచు తాపీగానూ, వదలకుండాను నొక్కుతూ వుండింది. ఉబికిన కవచపు ఇనుపరేకులు అతుకుల వెంబడి విచ్చుకున్నాయి; తాపటపు పీలలు పెళ్ళు మంటూ బయటికి ఎగిరిపోయాయి. క్షణకాలంలో నౌక ఎడమ పక్క ముఖభాగపు సామాను గదినుంచి తట్టువెనుక భాగంవరకు ఊడి వచ్చింది" అని అన్వేషణ నిర్వాహకర్త ఒ. యూ. ష్మిట్ రేడియోద్వారా తెలిపాడు.

పైన చెప్పబడినదంతా చదివిన తర్వాత ప్రమాదానికి గల భౌతిక కారణం పాఠకునికి అర్థమై ఉండాలి. తేలేదేమంటే మంచులో ప్రయాణించే నౌకల పక్కలు లంబదిశకు 11 డిగ్రీలకు తగ్గని వాలులో వుండాలి.

## తనంతతానే పరితూగే కర్ర

సన్నగాసున్న కర్రనొకదానిని తీసుకుని, దానిని చిత్రం 22 లో చూపిన ప్రకారం ఎడంగా పెట్టిన చేతుల చూపుడు వేళ్ళమీద నిలబెట్టండి. తరువాత వేళ్లను రెండూ కలిసేవరకూ ఒకదానివైపు ఒకటి తీసుకుని రండి. వింతైన విషయం! ఈ చివరి పరిస్థితిలో కూడా కర్ర పడిపోదు, పరితూగుతుంది, వేళ్ళ మొదట వుంచిన స్థానాలను మార్చి యీ పని ఎన్ని సార్లయినా చెయ్యవచ్చు. ఫలితంలో మార్పు ఉండదు: కర్ర పరితూగుతుంది.





చిత్రం 22. రూళ్లకర్ర ప్రయోగం. ఎగువ: ప్రయోగం చివరకి.

మామూలు కర్రకు బదులు రూళ్లకర్రను, చేతి కర్రను బిలియర్డ్సు కర్రను, లేక కర్రచీపురును దేన్ని వుపయోగించినా ఫలితం ఒకటే. కర్ర పడిపోదు. ఎందుచేత?

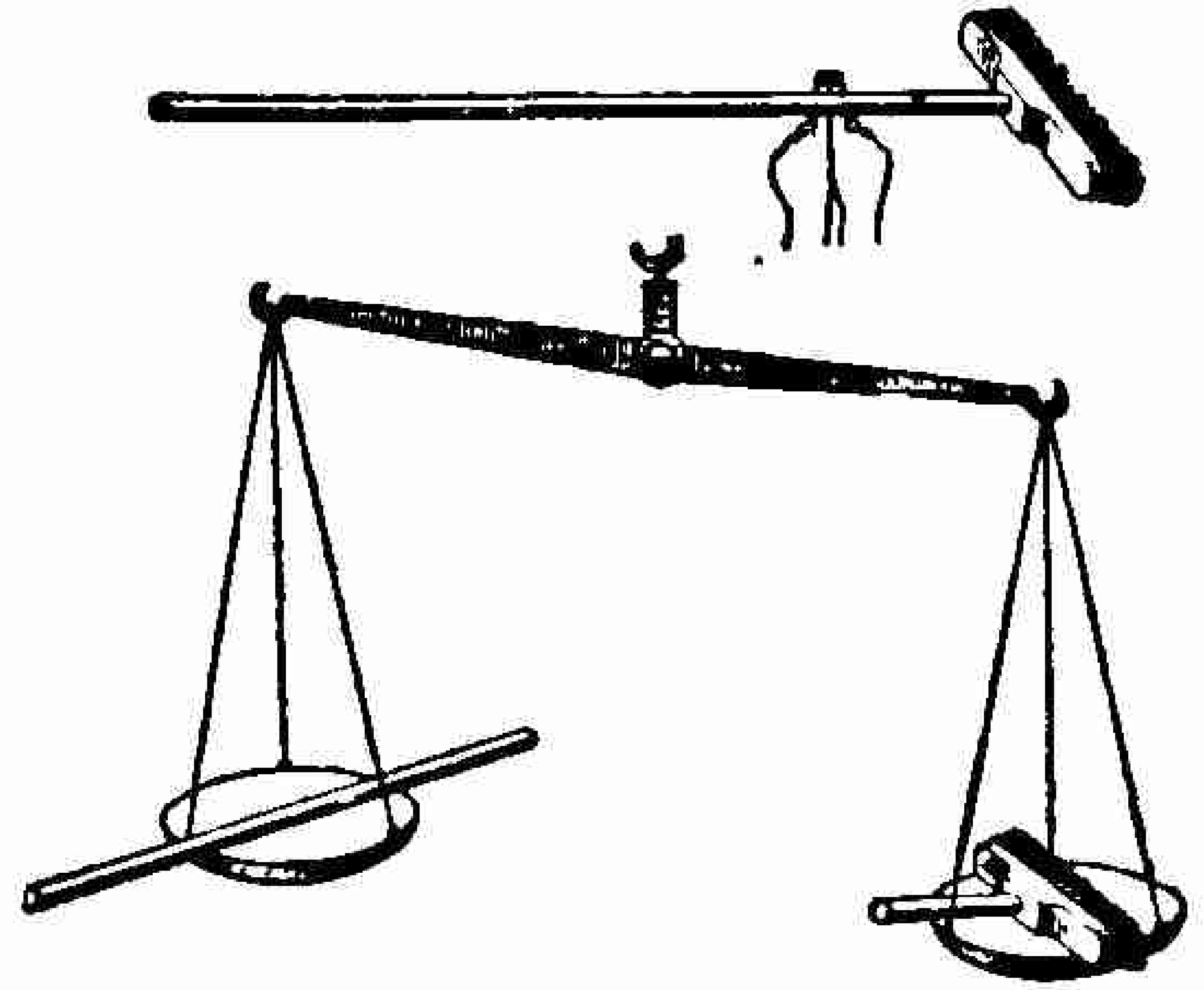
ముందుగా ఒక విషయం స్పష్టం. వేళ్లు చేరి వున్నప్పుడు కర్ర తూకంగా వుంటుంది కనుక అవి కర్రయొక్క గరిమనాభికి సూటిగా దిగువనున్నాయన్నమాట. (ఒక వస్తువుయొక్క గరిమనాభి లంబం దాని ఆధారపు పరిధిలో పడినప్పుడే ఆ వస్తువు తూకం సరిగా వుంటుంది.)

వేళ్లు ఎడంగా వున్నప్పుడు కర్రయొక్క గరిమనాభికి సమీపంగా వున్న వేలిపైన కర్ర బరువు కొంచెం హెచ్చుగా పడుతుంది. ఒత్తిడితో బాటు ఘర్షణ కూడా హెచ్చుతుంది. కనుక గరిమనాభికి దగ్గరగా వున్న వేలు దూరంగా ఉన్నదాని కన్న ఎక్కువ ఘర్షణకి గురి అవుతుంది: అందుచేత గరిమనాభికి దగ్గరగా వున్న వేలు కదలక దూరంగా వున్నదే ఎల్లప్పుడూ కదులుతుంది. ఆ కదిలే వేలు గరిమనాభికి రెండవ దానికంటె చేరువైనప్పుడు అది ఆగి రెండవది కదులుతుంది. యిలా జరిగి జరిగి రెండు వేళ్లు చేరువ అవుతాయి. ప్రతీ సారీ ఒకే వేలు — అది కూడా గరిమనాభికి దూరంగా వున్నది మటుకే — కదులుతుంది కనుక, చివరకు రెండు వేళ్లు చేరిక అయేసరికి అవి గరిమనాభికి దిగువగా వుండటం సహజమే.

ఈ ప్రయోగాన్ని కర్రచీపురుతో చెయ్యండి. (చిత్రం 23 పైభాగము.) తరువాత యిలా ప్రశ్నించుకోండి: వేళ్లు చేర్చునప్పుడు కర్రచీపురు సరితూగిన చోట దానిని రెండు ఖండాలు చేసి చెరొక ముక్కను చెరొక త్రాసు పళ్లెములోను వుంచుతామనుకుందాం (చిత్రం 23 దిగువ). ఏది హెచ్చు బరువు — కర్ర భాగము చీపురుండే భాగమా?

రెండు భాగాలు వేళ్లమీద సరితూగాయి కనుక త్రాసులో కూడా సరితూగుతాయని అనిపిస్తుంది. వాస్తవానికి చీపురున్న భాగమే హెచ్చు బరువుంటుంది. కారణం సుగమం.

క్రచీపురును మీరు వేళ్లమీద సరితూచినప్పుడు రెండు భాగాల భారాలు, తులాదండపు అసమభుజాలమీద ప్రయోగితమయాయి. త్రాసులో వేసినప్పుడవి సమభుజాలుగల తులా దండపు చివరలమీద ప్రయోగితమవుతాయి.



చిత్రం 23. అదే ప్రయోగం చీపురు కర్రతో. తులాదండము సమంగా తూగ దెందుచేత?

లెనిన్‌గ్రాడ్ రిక్రియేషన్ పార్కులో "వినోదం కొరకు శాస్త్రవిజ్ఞానం" విభాగానికి గాను గరిమనాభులు భిన్నంగా వుండే కర్రలను తెప్పించాను. వీటిని గరిమనాభివద్ద రెండు అసమ భాగాలుగా వూడదియ్యటానికి వీలున్నది. వీటిని వేరు చేసి త్రాసులో వేసి తూస్తే పొట్టి భాగం ఎక్కువ బరువుండటం ప్రేక్షకులకు ఆశ్చర్యం కలిగించింది.

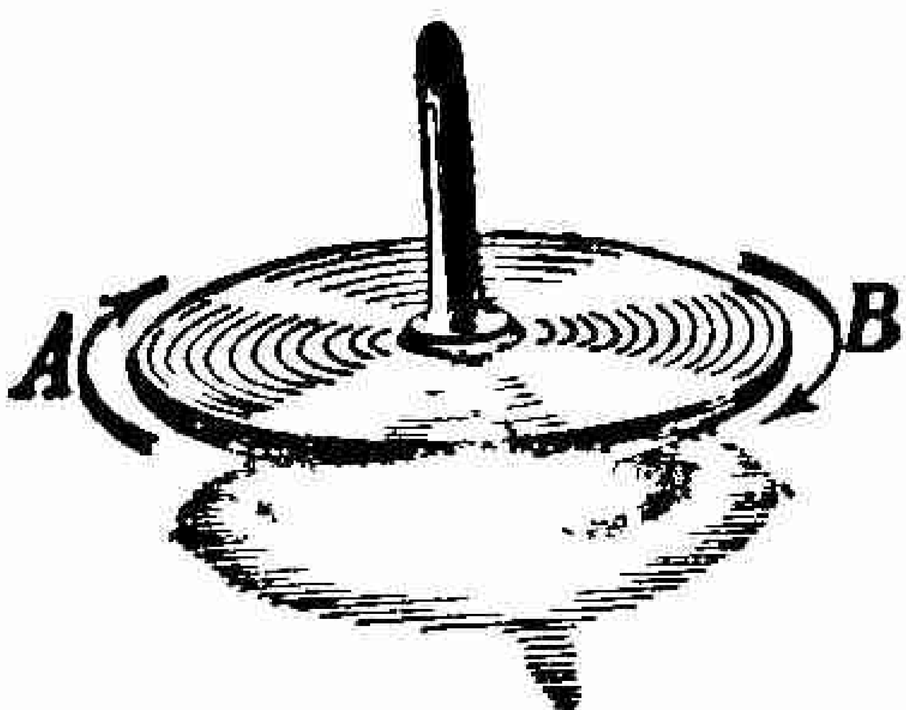
# మూడవ అధ్యాయం

# పరిభ్రమణం

## తిరిగే బొంగరం ఎందుకు పడిపోదు?

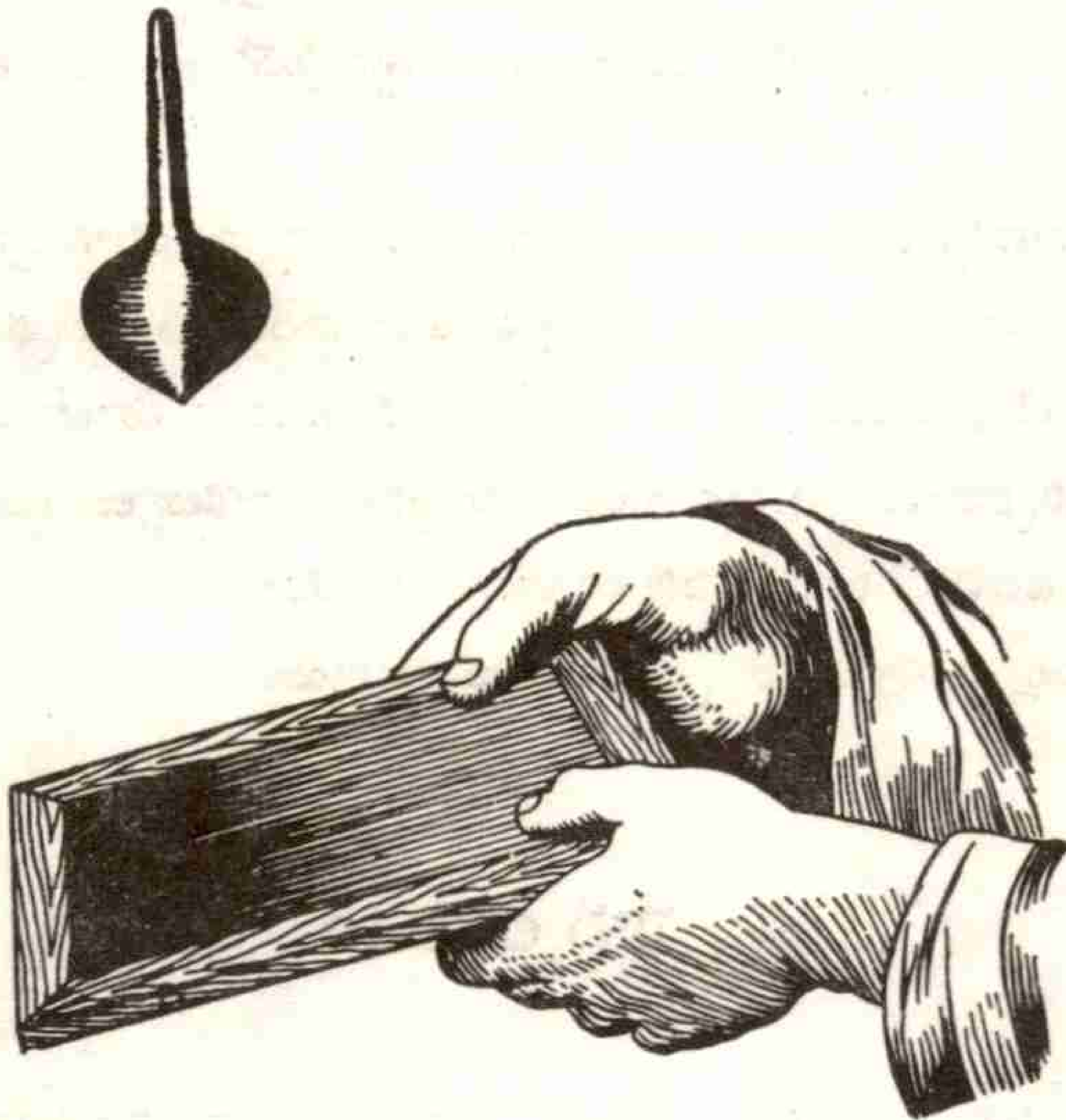
చిన్నతనంలో "బొంగరాలు వేసిన" వేలాది మందిలో బహు కొద్దిమంది యీ ప్రశ్నకు సరియైన సమాధానము చెప్పగలరు. నిజానికి తిరిగే బొంగరం నిటారుగా వుండనీ, ఒరిగి వుండనీ పడిపోతుందనుకుంటాం కద, ఎందుకు పడదు? అస్థిరంగా కనిపించే భంగిమములో దానిని నిలిపి వుంచే దేమిటి? గురుత్వాకర్షణ దానిని బాధించదా? ఇక్కడ బలాలమధ్య విచిత్రమయిన పరస్పర ప్రభావం కనుపిస్తుంది. బొంగరం తాలూకు సిద్ధాంతం క్లిష్టమయినది కనుక దానిని మరీ లోతుగా వివరించబోను. తిరిగే బొంగరం పడకపోవడానికి గల ప్రధాన కారణం మటుకు చెప్పి వదిలేస్తాను.

చిత్రం 24 లో తిరిగే బొంగరం చూపబడింది. అది ఎటు తిరుగుతున్నదీ బాణం గుర్తులు సూచిస్తున్నాయి. *A* అనే భాగాన్నీ దానికి వ్యతిరేకమైన *B* అనే భాగాన్నీ పరిశీలించండి. *A* మనకు దూరంగా పోతూవుంటే *B* మనకేసి వస్తూ వుంటుంది. బొంగరపు అక్షాన్ని మనకేసి వంచినట్టయితే ఈ భాగాలు ఏవిధమైన కదలికలను పొందుతాయో గమనించండి. ఈ వంపువల్ల *A* అనే భాగం పైకి లేస్తుంది, *B* కిందికి దిగుతుంది. రెండు భాగాలమీద, అవి కదిలే మార్గానికి లంబకోణంలో అదనపు బలం పడుతుంది. అయితే బొంగరం జోరుగా




చిత్రం 24. తిరిగే బొంగరం ఎందుకు పడదు?

తిరుగుతున్నప్పుడు యీ భాగాల వర్తులవేగం చాలా హెచ్చు గనుక మనం దానిని వంచడానికి వుపయోగించే కొద్దిపాటి బలం ఈ హెచ్చువేగంతో సంయోగించగా ఏర్పడే ఫలిత వేగం యించుమించు వెనకటి లాగా ఉంటుంది. బొంగరం తిరిగే వేగంలో చెప్పుకోదగిన మార్పు వుండదు. బొంగరాన్ని పడదొయ్యటానికి మనం చేసే ప్రయత్నాలు ఎందుకు విఫలమవుతాయో ఇప్పుడు మీరు తెలుసుకోగలరు. బొంగరంలోని పదార్థరాసి, అది తిరిగే వేగమూ ఎంత హెచ్చుగా వుంటే, దానిని పడగొట్టే యత్నాలను అది అంత బాగా నిరోధిస్తుంది.



చిత్రం 25. బొంగరాన్ని పైకి కొట్టినప్పుడు దాని కక్ష్య ఉండే దిక్కులో మార్పు కలగదు.

కొద్దిలో చెప్పాలంటే ఈ వివరణ ఇనర్షియా సూత్రంతో సంబంధం గలది. బొంగరంలోని ప్రతి కణమూ ఒక వర్తుల కక్ష్యలో కదులుతుంది. ఆ కక్ష్య బొంగరంయొక్క అక్షానికి సమకోణంలో ఉన్న సమతలంలో ఉంటుంది. ఇనర్షియా సూత్రం ప్రకారం యీ కణము తన వర్తుల కక్ష్యనుండి బయటపడి ఆ కక్ష్యకు స్పర్శరేఖలో ప్రయాణించటానికి

అనుక్షణమూ ప్రయత్నిస్తూ వుంటుంది. అయితే ఆ స్పర్శరేఖ కూడా కక్ష్యవుండే సమతలంలోనే వుంటుంది కనుక బొంగరంలోని ప్రతి కణమూ దాని యిరుసుకు సమకోణంలో వుండే సమతలాన్నే అంటిపెట్టుకుని వుండ యత్నిస్తాయి. దీని అర్థమేమంటే బొంగరంయొక్క అక్షానికి సమకోణంలో వుండే సమతలాలన్నీ తమ ప్రథమ స్థానాలలోనే వుండ యత్నిస్తాయి. అందుచేత వాటన్నిటికి లంబంలో వుండే అక్షం కూడా తన తొలిస్థానములోనే వుండ యత్నిస్తుంది.

తిరిగే బొంగరం పైన బయటినుంచి బలం ప్రయోగించినప్పుడు బొంగరంలో కలిగే చలనాలన్నిటినీ వివరించను. అలా చెయ్యడంలో అనేక వివరాలు యివ్వవలసి వుంటుంది. అందువల్ల విసుగు కలగవచ్చు. గుండ్రంగా తిరిగే ప్రతి వస్తువూ తన అక్షముయొక్క దిక్కు మార్పు చెందకుండా వుంచడానికి ఎందుకు ప్రయత్నిస్తుందో అది మాత్రమే వివరించాలని నా ఉద్దేశము.

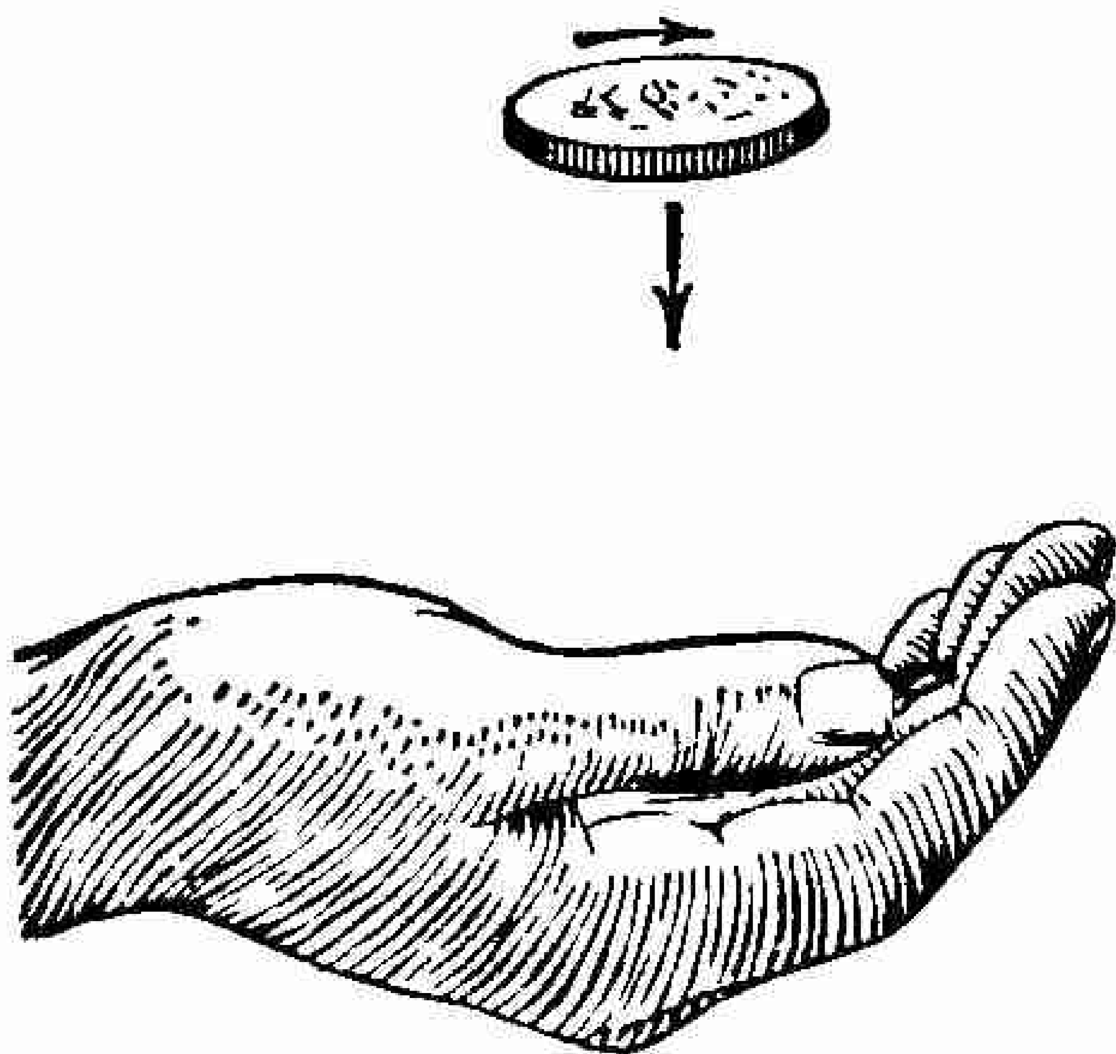
యీ గుణాన్ని యీనాడు యింజనీరింగులో విరివిగా వుపయోగిస్తున్నారు. నావికులు, వైమానికులు దిక్సూచి, జైరోస్కోపు మొదలైన అనేక సాధనాలను, పరిభ్రమణ సూత్రంపై ఆధారపడిన వాటిని, వాడుక చేస్తారు. ఎగిరే తుపాకి గుండ్లు తూటాలు స్థిరత్వం కలిగి వుండడానికి పరిభ్రమణం తోడ్పడుతుంది. స్పుత్నిక్‌లు, రాకెట్టులు ప్రయాణించేటప్పుడు నిలకడగా వుండడానికి కూడా పరిభ్రమణాన్ని వుపయోగించవచ్చు. ఏదో ఆటవస్తువు అనుకునే దానివల్ల యిన్ని రకాల ప్రయోజనాలు వున్నాయి.

# హస్తలాఘవం

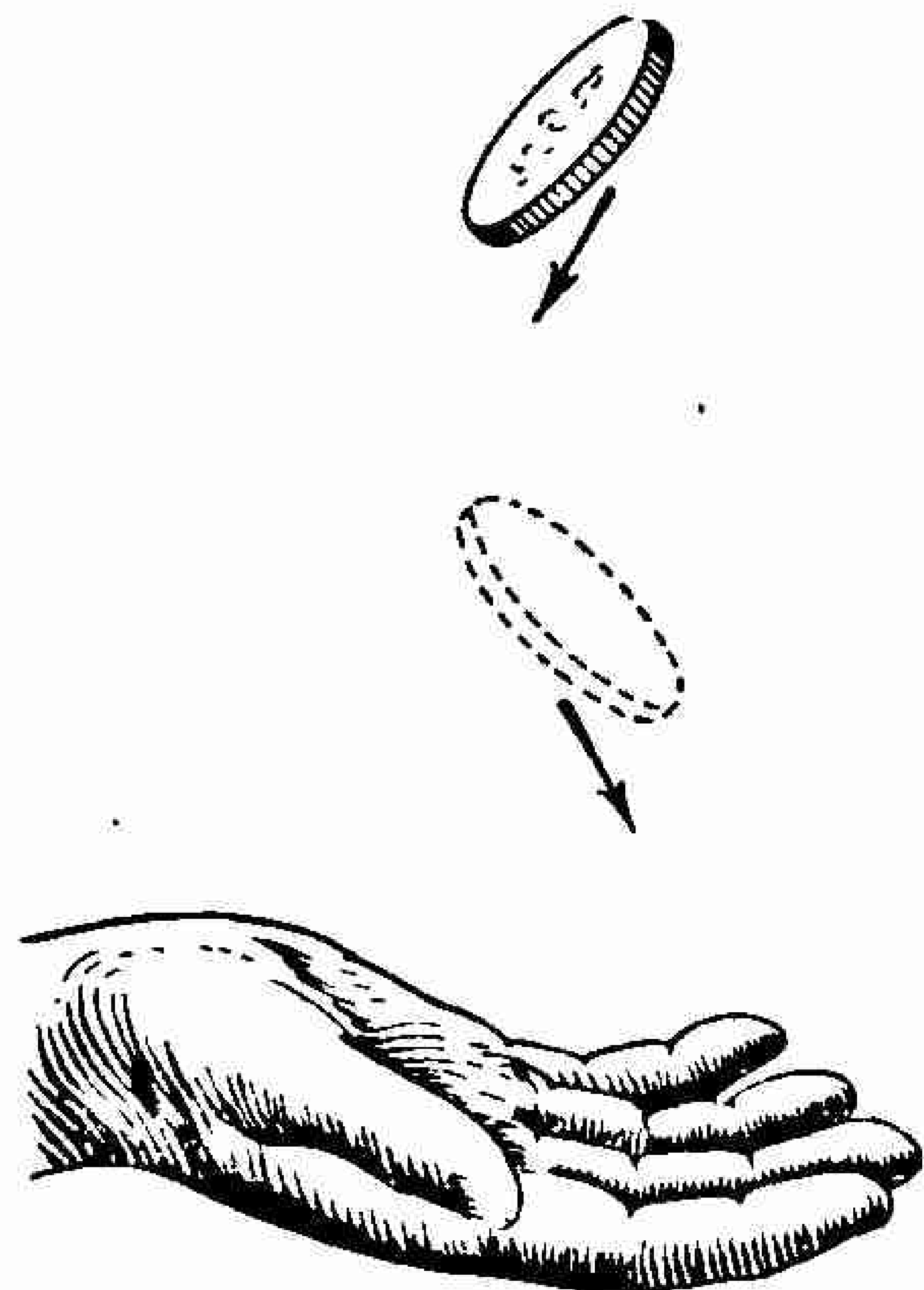
తిరిగే వస్తువులు తమ అక్షాలను మారనీయకుండా వుంచుతాయన్న సూత్రాన్ని పురస్కరించుకుని గారడీ వాళ్లు అనేక వింత "ట్రిక్కు"లు చేస్తారు. ప్రొఫెసరు జాన్ పెరీ అనే బ్రిటిష్ భౌతికశాస్త్రవేత్త "తిరిగే బొంగరాలు" అనే ఆకర్షణకరమైన పుస్తకంలో రచించిన విషయాలు కొన్ని వుదహరిస్తాను.

"ప్రశస్తమయిన లండను 'విక్టోరియా' మ్యూజిక్ హాలులో కాఫీ తాగే, పొగ తాగే ప్రేక్షకుల సమక్షంలో నేను తిరిగే బొంగరాలతో కొన్ని ప్రయోగాలు చేశాను.... 'కోయిట్' (ఒక విధమయిన ఆటలో ఉపయోగింపబడే ఇనుప చక్రం) ను మనకు కావలసినట్టుగా దిగి వచ్చేలాగా పైకి విసరాలంటే దాన్ని గుండ్రంగా తిరిగేలాగ చెయ్యాలన్న విషయం ప్రేక్షకుల మనస్సులలో నాటుకునేటట్టు చెయ్యటానికి సాధ్యమైనంత కృషిచేశాను. రింగును

గాని టోపీని గాని అవతలి వాడు కర్రతో పట్టుకునేటట్టుగా విసరాలంటే విసిరేదాన్ని గిర్రున తిరిగేటట్టు చెయ్యాలి. తిరిగే వస్తువు తన అక్షపు దిశను మారనివ్వదన్న విషయంమీద మనం ఎల్లప్పుడూ ఆధారపడవచ్చు. అందుచేతనే లోపల నునుపుగా నున్న గొట్టంగల తుపాకులకు గురి వుండదని ప్రేక్షకులతో అన్నాను. మామూలు తూటాలు గిరగిర తిరగడం అవి తుపాకినుంచి వెలువడేటప్పుడు గొట్టం చివర వుండే అంచును ఏవిధంగా స్పృశిస్తాయో దానిపై చాలవరకు ఆధారపడి వుంటుంది. యిప్పుడలా కాకుండా తుపాకీ గొట్టాల లోపల భాగాలను "రైఫిలు" చేస్తున్నారు. సర్పిలాకారంలో గాళ్ళు ఏర్పాటు చేస్తున్నారు. యీ గాళ్లలో తూటాపై భాగాన లేక ప్రాజెక్టైలు పైభాగాన వుండే బొడిపెలు అమరుతాయి.

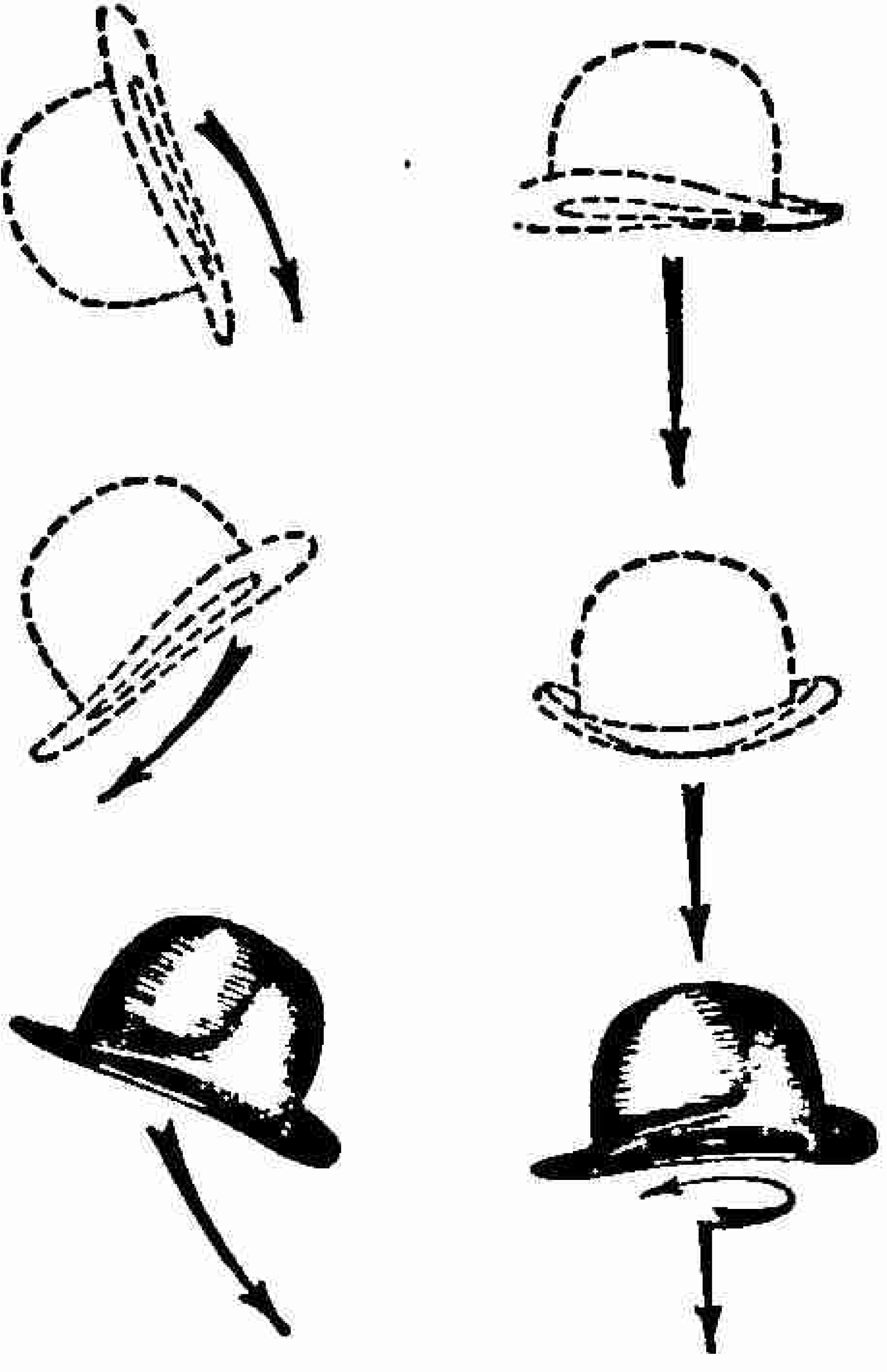


చిత్రం 26. పైకి మీటిన తిరిగే నాణెం, పడే విధానం.



చిత్రం 27. అదే నాణెం తిరగకుండా ఉన్నప్పుడు మీటితే, అది ఎలాకుదుర్తే అలా పడుతుంది.

అందుచేత తుపాకి పేల్చినప్పుడు మందుగుండు పేలుడు శక్తికి తూటా బయటికి తోయబడి నప్పుడు అది కూడా తన అక్షం చుట్టూ గిరగిర తిరిగి తీరాలి. అది ఏ అనుమానం లేకుండా గిరగిర తిరుగుతూ తుపాకీనుంచి వెలువడుతుంది. దాని గిరగిర తిరుగుడు ఏ విధమైనదీ కూడా మనకి ముందుగా తెలుస్తుంది.... నేనింతకంటె ఏమీ చెయ్యలేకపోయాను. ఎందుకంటే నాకు "కోయిట్"లుగానీ టోపీలు గానీ విసరడం చేతకాదు. అయితే నా ప్రసంగం పూర్తి



చిత్రం 28. తిప్పి ఎగరేసిన టోపీని తిరిగి పట్టుకోవడం తేలిక.

అయాక యిద్దరు గారడీ వాళ్ళు రంగస్థలం మీదకి వచ్చారు. యీ ఆడదీ, మగవాడూ చేసిన ప్రతి ట్రిక్కులోను నేను వివరించిన సూత్రం ప్రత్యక్షంగా నిదర్శితమయింది. వారు టోపీలను రింగులను పళ్లాలను, గొడుగులను గిరగిర తిప్పుతూ ఒకరినుంచి ఒకరికి విసిరారు. వారిలో ఒకరు అనేక కత్తులను గాలిలోకి విసరి తిరిగి పట్టుకుంటూ తిరిగి ఎగుర వేస్తూ రాసాగారు. ఒక్క పొరపాటు లేకుండా యీ ఫీటు చేస్తూంటే ప్రేక్షకులు రహస్యం ముందుగా తెలునుని వుండడంచేత గారడీ వాడు కత్తులను ఎగర వేసే ముందు వాటిని తిరిగేటట్టు చెయ్యటమూ, తద్వారా అవి తిరిగి తన చేతకి కావలసిన విధంగా అందేటట్టు చూడడం గమనించి, ఆనందంతో కేకలు వేశారు. ఆవాడు జరిగిన ప్రతి గారడీ ట్రిక్కులోను నేను పైన చెప్పిన సూత్రం అమలు ౹వడం అప్పట్లో నాకు ఆశ్చర్యం కలిగించింది."

# కొలంబస్ కోడిగుడ్డు సమస్యకు కొత్త పరిష్కారం

గుడ్డును ఎలా నిలబెట్టడమన్న తన ప్రశస్తమైన సమస్యను కొలంబస్ చాలా తేలికగా పరిష్కరించాడు. అందుకు దాని పెంకు చిదిపాడు*.

---

*యింతకూ యీ కొలంబస్ – కోడి గుడ్డు కథ చారిత్రకంగా నిజం కాదు. అంతకు పూర్వం మరెవరో వేరొక సందర్భంలో చేసిన పనిని ప్రసిద్ధికెక్కిన సముద్రప్రయాణీకుడు – కొలంబస్‌కు అంటగట్టారు. అసలు వ్యక్తి బ్రునెలెస్కీ అనే ఇటాలియన్ వాస్తుశాస్త్ర ప్రవీణుడు (1377–1446). ఆయన ఫ్లారెన్‌టైన్ కెథీడ్రల్ పైన బ్రహ్మాండమైన గుమ్మటం నిర్మించాడు. "యీ గుడ్డు తన సన్నని మొనమీద యెంత నమ్మకంగా నిలబడుతుందో నా గుమ్మటం అంత నమ్మకంగా నిలుస్తుంది," అన్నాడాయన.

కొలంబస్ పరిష్కారం పూర్తిగా తప్పు: కొలంబస్ గుడ్డుపెంకును చిదపటం వల్ల గుడ్డు ఆకారం మారిపోయింది. అందుచేత ఆయన నిలబెట్టినది గుడ్డు ఆకారమే కాదు. వేరొకటి. సమస్యకు కీలకమయినది గుడ్డు ఆకారం. ఆ ఆకార్ణం మారగానే అది మరొక ఆకారం అయిపోయింది. కొలంబస్ పరిష్కరించిన సమస్య గుడ్డు ఆకారానికి సంబంధించినది కాదు. మరొక ఆకారానికి.

అయితే మనం గొప్ప సముద్ర యాత్రికుని యీ సమస్యను గుడ్డు ఆకారాన్ని ఏమాత్రం మార్చకుండానే, తిరిగే బొంగరం సూత్రం సహాయంతో పరిష్కరించగలం. గుడ్డును తన పొడుగు అక్షం చుట్టూ గిర్రున తిప్పితే చాలు. అది పడిపోకుండా తన బద్దు



చిత్రం. 29. కొలంబస్ కోడిగుడ్డు సమస్యకు సమాధానం. తిప్పినప్పుడు గుడ్డు మొన పైన నిలబడుతుంది.

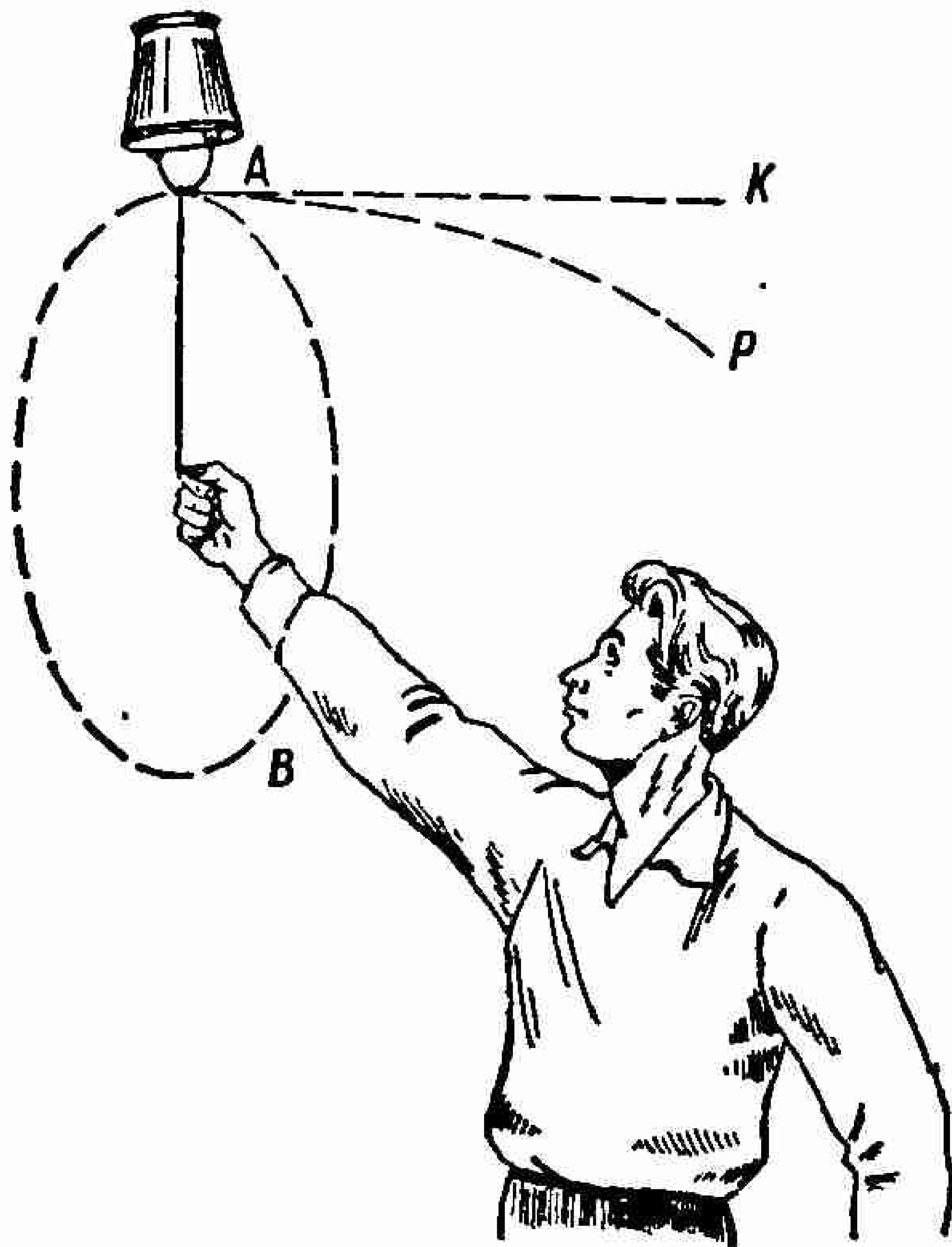
మొనమీద నిలబడుతుంది, సన్నని మొనమీదైనా నిలబడుతుంది. ఇది చేసే పద్ధతి చిత్రం 29 లో వున్నది. గుడ్డును వేళ్లతో గిర్రున తిప్పాలి. చేతులు తీసేసిన తరువాత గుడ్డు కొంత సేపు తిరుగుతూ నిలబడుతుంది: సమస్య పరిష్కరింపబడింది.

వుడికిన గుడ్డు మాత్రమే ఈ ప్రయోగానికి తీసుకోండి. ఇందువల్ల కొలంబస్ సమస్యలోని షరతుకు విఘాతం ఏమీ రాదు. ఎందుకంటే ఆయన యీ సమస్య తెచ్చినప్పుడు భోజనాల బల్లమీదనుంచి గుడ్డును తీసుకుని వుండాలి. అది వుడికిన గుడ్డే అయివుంటుంది. పచ్చి గుడ్డును మొన మీద నిలబెట్టి తిప్పటం సాధ్యంకాదు. దానిలోని ద్రవ పదార్థం బ్రేకులాగా పనిచేస్తుంది. గుడ్డు పచ్చిదో, వుడికినదో తెలుసుకోవడానికి యిది చాలా మంచి పద్ధతి — అనేకమంది ఇల్లాళ్లకు తెలిసినదే కూడా.

# గురుత్వాకర్షణను "రహితం చెయ్యడం"

"గుండ్రంగా తిరిగే పాత్రనుంచి నీరు పడదు.—పాత్ర తలకిందులుగా వున్నప్పుడు కూడా పడదు ఎంచేతంటే భ్రమణం దానికి అడ్డొస్తుంది" అని అరిస్టోటిల్ సుమారు 2,000 ఏళ్ల క్రితం రాశాడు. యీ ప్రయోగం చిత్రం 30 లో చూపి వున్నది. బహుశా మీకందరికి ఇది తెలిసినదే అయివుండవచ్చు. బొమ్మలో చూపినట్టుగా ఒక బొక్కెనను మీరు చాలినంత వేగంగా తిప్పినట్టయితే అది తిరిగే దారిలో ఒక చోట బొక్కెన తలకిందుగా వున్నప్పుడు కూడా అందులోని నీరు ఒలకక పోవడం మీరు సాధించగలరు.

ఈ దృగ్విషయం "కేంద్ర పరాన్ముఖ శక్తి" (centrifugal force) ఫలితమని సాధారణంగా విశదీకరిస్తారు. భ్రమణ కేంద్రంనుంచి దూరంగా వెళ్లిపోయే స్వభావం కలుగచేసే ఒక శక్తి వస్తువుపై ప్రయోగించ బడుతుందని వారు వూహించుకుంటారు. ఇలాంటి "శక్తి" ఏమీ లేదు. భ్రమణకేంద్రంనుంచి దూరంగా పోయే ఈ "స్వభావం" "ఇనర్షియా" యొక్క ప్రదర్శనము మాత్రమే. ఇనర్షియా మూలాన కలిగే ప్రతి కదలిక దానంతట అదే కలుగుతుంది. బయటనుంచి శక్తి ప్రయోగం అవసరం లేదు. భౌతిక శాస్త్రవేత్తలు "కేంద్ర పరాన్ముఖ శక్తి" అని అర్థం చేసుకునేది యధార్థమైనది. అది, గుండ్రంగా తిరిగే వస్తువు దానికి కట్టి వున్న తాడును లాగే శక్తి, లేదా అది తన వక్రమార్గాన్ని ఒరుసుకునే శక్తి. యిది కదలే వస్తువుపై ప్రయోగితం కాదు. అది సూటి మార్గంలో కదలడానికి అంతరాయంగా వుండే దారం పైన, లేదా వంపు తిరిగిన రైలుపట్టాలమీద, ప్రయోగితమవుతుంది.




చిత్రం 30. తిరిగే బాల్చీలోంచి నీరెందుకు కింద పడదు?

తిరిగే బొక్కెన సంగతి చూద్దాం "కేంద్ర పరాన్ముఖ శక్తి" తాలూకు అయోమయంలో చిక్కుకోకుండా దీనికిగల కారణం అవగాహన అవుతుందేమో చూతాము. ఇలా ప్రశ్న వేసుకోండి: బొక్కెనలో బెజ్జం పెట్టినట్టయితే నీరు ఎటుగా బయటకు చిమ్ముతుంది? భూమి యొక్క గురుత్వాకర్షణ లేనట్టయితే "ఇనర్షియా" మూలంగా నీరు $AB$ వలయానికి స్పర్శరేఖ అయిన $AK$ దిక్కుగా చిమ్ముతుంది (చిత్రం 30). గురుత్వాకర్షణ ఆ మార్గాన్ని $AP$ అనే వక్రరేఖగా (పెరాబొలాగా) మార్చుతుంది. పరిధి వేగం చాలినంత హెచ్చుగా ఉంటే ఈ వక్రరేఖ $AB$ వలయానికి వెలుపలగా ఉంటుంది. వలయంలో బొక్కెన అడ్డురానట్టయితే బొక్కెనలోని నీరు ఎటుగా కదలి ఉంటేదో అటుగా నీరు చిమ్ముతుందన్నమాట. దీనిని బట్టి నీరు సూటిగా కిందికి రావడానికి యత్నించనే యత్నించదని స్పష్టమవుతుంది, అందుకే అది బొక్కెననుంచి పడదు. బొక్కెన తిరిగే దిక్కువైపు బెజ్జం వుంటేనే నీరు బొక్కెననుంచి బయటకు వస్తుంది.

బొక్కెనను ఎంతవేగంగా తిప్పితే నీరు కింద పడదో ఇప్పుడు గుణింతాం. వేగం ఎంత ఉండాలంటే తిరిగే బొక్కెన యొక్క కేంద్రాన్ముఖ వేగవృద్ధి గురుత్వాకర్షణ వేగవృద్ధి కన్న తక్కువ ఉండరాదు. అప్పుడే నీరు కదలయత్నించే మార్గం బొక్కెన తిరిగే వలయానికి వెలుపలగా వుంటుంది. ఏదశలోనూ నీటి గమనం బొక్కెన గమనానికి వెనకపడదు. కేంద్రాన్ముఖ వేగవృద్ధి ($W$) ని నిర్ణయించే సూత్రం

$$W=\frac{v^2}{R}$$

అనేది బొక్కెనయొక్క వర్తులవేగం, $R$ అనేది బొక్కెన తిరిగే వలయంయొక్క అర్ధవ్యాసం. భూమి ఉపరితలం మీద గురుత్వాకర్షణ వేగవృద్ధి $g=9.8$ మీ/సె$^2$ అవడంవల్ల ఈ క్రింది అసమానత్వం వ్రాయగలం

$$\frac{v^2}{R}\geqslant 9.8$$

$R$ 70 సెంటిమీటర్లు అనుకుందాం. అప్పుడు

$$\frac{v^2}{0{,}7}\geqslant 9.8 \text{ అంటే } v\geqslant\sqrt{0.7\times 9.8};\ v\geqslant 2{,}6 \text{ మీ/సె.}$$

బొక్కెనకు ఈ వర్తులవేగం తెప్పించాలంటే సెకండుకు ఒకటిన్నర చుట్టు తిప్పాలని సులభంగా లెక్కగట్టవచ్చు. ఈ ప్రయోగం చెయ్యడం ఏమంత కష్టం కాదు.

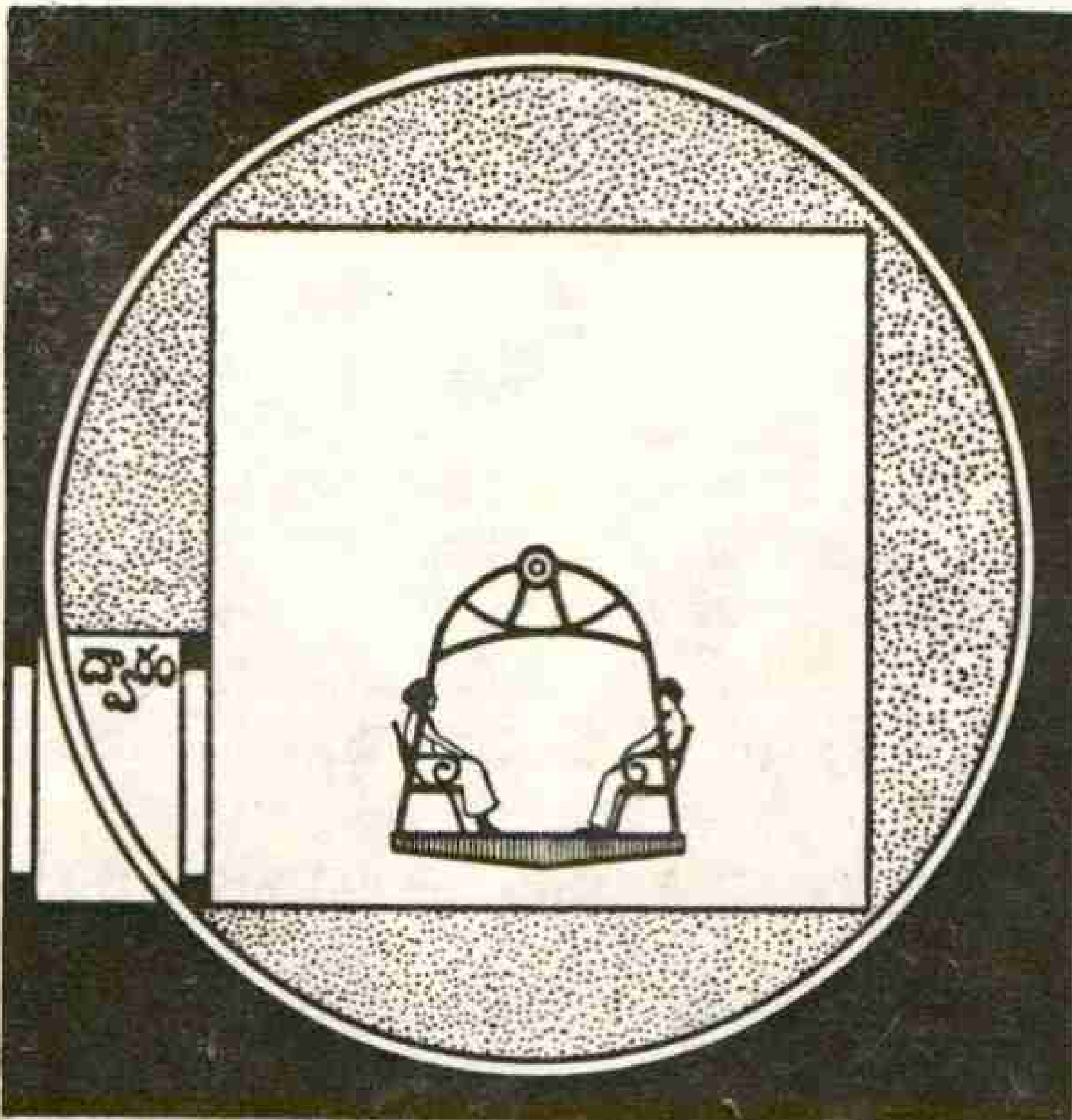
పాత్రలో ద్రవాలను వుంచి ఆ పాత్రను అడ్డంగా ఉండే యిరుసుపైన వేగంగా తిప్పినట్లయితే ద్రవాలు పాత్రయొక్క పక్కలకేసి నొక్కుకుంటాయి; ఈ లక్షణాన్ని

ఇంజనీర్లు "సెంట్రిఫ్యూగల్ కాష్టింగ్" అనబడే పద్ధతి పోతలో వాడతారు. ఇందులో అసమాన సాంద్రతగల ద్రవపు వివిధ భాగాలు సాంద్రతబట్టి వేరవుతాయి. ఇలా వేరవడం చాలా ముఖ్యం. బరువైన భాగాలు అక్షానికి దూరంగా పోతాయి. తేలికైన భాగాలు అక్షానికి దగ్గరగా వస్తాయి. దీనివల్ల సాధారణంగా లోహాలను కరిగించి పోతపోసేటప్పుడు ఆ ద్రవంలో మిళితమైన వాయువులు కేంద్రానికి చేరి అక్కడ ఉండే రంధ్రం గుండా వెలికి వస్తాయి. ఈ పద్ధతిలో తయారుచేసిన పోతవస్తువులు గుల్లలు లేకుండా మంచి సాంద్రత కలిగి ఉంటాయి. కేంద్ర పరాన్ముఖ పద్ధతి మామూలు "ఒత్తిడిపోత" కన్నా చవకైనది. దీనికి క్లిష్టమైన యంత్రపరికరాల ఆవశ్యకత కూడా లేదు.

## మీకు గలీలియో గతి పట్టుతుంది

తిక్క కలిగించే అనుభవాలంటే అభిలాషకలవారి కోసమని "రాక్షస ఉయ్యాల" అనే వింత సాధనం ద్వారా కొంత ఆనందం పొందవచ్చు. అలాటి ఉయ్యాల ఒకప్పుడు లెనిన్‌గ్రాడ్‌లో ఉండేది. నాకు దాని అనుభవం లేదు గనుక, ఫిడో రచించిన శాస్త్ర వినోదాల సంపుటినుంచి దాని వర్ణన ఇక్కడ ఇస్తాను.

"నేలకు కొంత ఎత్తున గదిలో అడ్డంగా ఉన్న దూలానికి ఉయ్యాల వేళ్లాడగట్టి ఉంటుంది. అందరూ వచ్చి ఉయ్యాలలో ఎక్కి కూర్చున్న మీదట అక్కడ ఉండే మనిషి గదితలుపు మూసేసి, ఉయ్యాల మీదికి ఎక్కడానికి వేసిన బల్ల తీసివేసి, మిమ్మల్ని వాయు విహారానికి పంపుతానని ఉయ్యాలవారితో తెప్పి, ఉయ్యాలను ఒక్క తోపు తోస్తాడు. తరువాత అతను ఉయ్యాల వెనక్కు వున్న సీటుమీద కూచుంటాడు. లేదా బయటికి వెళ్లిపోతాడు.



చిత్రం 31. "రాక్షస ఉయ్యాల" నిర్మాణం.

"ఉయ్యాల అంతకంతకూ ఎత్తుగా ఊగనారంభించి దూలమంత ఎత్తుగా పోయి, దూలాన్ని దాటి పైకి ఇంకా పైకి పోయి చివరకు వలయం చుట్టివస్తుంది. అంతకంతకూ స్పష్టంగా

దాని వేగం హెచ్చుతుంది. ముందుగా హెచ్చరిక జరిగినప్పటికీ, ఉయ్యాల లోనివారికి, ఊగులాడుతున్నట్టూ, జోరుగ కదలిపోతున్నట్టూ అనిపిస్తుంది. తాము ఆకాశంలో తలకిందులుగా ఎగిరి పోతున్నామన్న భావన కలుగుతుంది. వారు అప్రయత్నంగా, పడిపోకుండా ఉండగలందులకు తమ సీట్లను గట్టిగా పట్టుకుంటారు.

"తరవాత ఉయ్యాల వేగం క్రమంగా తగ్గి కొద్ది సేపట్లో అది నిలిచిపోతుంది.

"నిజానికి ఈ ప్రయోగం జరిగిన అంతసేపూ ఉయ్యాల నిశ్చలంగా వేలాడింది. ఏమాత్రం క్లిష్టం కాని మెకానిజమ్ సహాయంతో అడ్డంగా ఉన్న ఇరుసుచుట్టూ గదే తిరుగుతుంది. గదిలోని సామానంతా గదినేలకూ, గోడలకు తాపడం చేసి ఉంటుంది. బల్లమీద లాంపు తలకిందులయేందుకు వీలుగా బల్లకు మాటించి ఉంటుంది — ఒక పెద్ద గాజుమూత కిందనున్న మామూలు తీగబల్బు. ఉయ్యాలను తోసినట్టు అనిపించిన మనిషి నిజంగా తొయ్యలేదు, గది అటూ ఇటూ కొద్దిగా ఆడనారంభిస్తే ఆ ప్రమాణానికి ఉయ్యాలను ఊపివేసినట్లు నటించాడు. అక్కడి వాతావరణమంతా భ్రమకు ఎంతో దోహదకరంగా ఉంటుంది."

చూశారా, రహస్యం చాలా స్వల్పం. ఇప్పుడు మీకు నిజం తెలిసింది అయినప్పటికీ మీరు భ్రమకు లోనై తీరుతారు. దాని శక్తి అలాంటిది.

"కదలిక" అనే పేరుతో పూష్కిన్ చిన్న ఖండిక రచించాడు.

"కదలిక అన్నది మిథ్య" అన్నాడు గడ్డాలు పెంచిన మనిషి
పృచ్ఛకుడు* నడక పుచ్చుకున్నాడు అది పచ్చి అబద్ధమని
మంచి తగువైన జవాబు — మాటలతో ఏమిటి పని
పత్రాలనిండా ఏమేమో గిలికితే మాత్రం ఏమని?
అయితే, అన్నలారా, ఈ వినోద సంఘటన మరొక
క్షుద్ర విషయాన్ని జ్ఞప్తికి తెస్తోంది.
ఈ పట్టున గగనాన సూర్యుడు కదలినట్టు కనబడతాడు నిత్యం
కాని మొండివాడు గలీలియో కనిపెట్టినదే సత్యం."

---

* క్రీస్తు పూర్వం సుమారు 500 లు ప్రాంతంలో జీవించిన జనాన్ అనే గ్రీకు తత్వవేత్త ప్రపంచంలో చలనమన్నది లేదన్నాడు. "జ్ఞానేంద్రియాలు కలిగించే భ్రమవల్ల మనకు కదలిక వున్నట్టు అనిపిస్తుంది" అన్నది ఆయన వాదన. పృచ్ఛకుడు డయోజినిస్ అనే మరొక తత్వవేత్త.

మీతోబాటు ఆ ఉయ్యాలలో కూర్చున్నవారికి ఈ రహస్యం తెలియక పోతే వారి మధ్య మీరు గెలీలియో అవుతారు — అయితే ఒక వ్యత్యస్తం: తిరుగుతున్నట్లు కనిపించే సూర్యుడూ నక్షత్రాలు తిరగడం లేదని నిలకడగా ఉన్నట్టు కనపడే మనమే తిరుగుతున్నామని గెలీలియో అంటే, మీరు కదలకుండా ఉన్నదని గదియావత్తు మన చుట్టూ తిరుగుతున్నదని అనవలసి వస్తుంది. ప్రత్యక్షంగా కనిపించేదాన్ని కాదన్నందుకు మీకు కూడా గెలీలియోకు పట్టిన దుస్థితే పట్టవచ్చు....

## నన్ను సవాలు చెయ్యండి

మీరు నిజం అని బుజువు చేయడం మీరనుకుంటున్నంత తేలికకాదు. మీరు "రాక్షస ఉయ్యాల"లో కూర్చున్నప్పుడు మీ పక్కవాళ్ళు భ్రమపడుతున్నారని వారిని నమ్మిద్దామనుకున్నారు అనుకోండి. కావలిస్తే నన్ను సవాలు చెయ్యండి. "రాక్షస ఉయ్యాల"లో కూచుని, ఉయ్యాల ఊగి ఊగి పూర్తి వలయాలు తిరగడం ప్రారంభించిన తర్వాత, మరీ వాదించుకుందాం. మనవాదన: ఉయ్యాల తిరుగుతోందా, లేక గదా? ఒక్క షరతు — మనం వాదించుకునేటంత సేపు మనం ఉయ్యాలలోనే ఉండాలి. వాదనకు కావలసినదంతా ముందుగానే జాగ్రత్తపరుచుకుందాం.

మీరు: మనం కదలడం లేదని గదే గుండ్రంగా తిరుగుతుందని సందేహం దేనికి? ఉయ్యాల నిజంగా తల్లకిందులైతే మనం పడిపోతామే. గాలిలో తల్లకిందులుగా వేళ్లాడగలమా? మనం పడడం లేదు గనుక తిరుగుచున్నది గదే. ఉయ్యాలకాదు.

నేను: అతి వేగంతో గుండ్రంగా తిరిగే బొక్కెనలో నీరు జ్ఞాపకం ఉంచుకోండి. బొక్కెన తల్లకిందులైనప్పుడు నీరు క్రింద పడలేదు. (చూ. పుటలు 60–62) నిలువు వలయంలో సైకిలు తొక్కేవాడు తల్లకిందులైయున్నప్పుడు కూడా పడడు.

మీరు: అలా అయితే కేంద్రాన్ముఖ వేగవృద్ధిని లెక్కించి అది మనం పడిపోకుండా వుండదగినంత హెచ్చుగా వున్నదేమో చూద్దాము. మనం తిరిగే అక్షానికి (దూరానికి) ఎంత దూరంలో ఉన్నామో తెలుసు, సెకండుకు ఎన్నిచుట్లు తిరుగుతున్నామో తెలుసు. కనుక మనం సులువుగా సూత్రాన్ని బట్టి....

నేను: అనవసర శ్రమ. "రాక్షస ఉయ్యాల"ను నిర్మించినవారు మన వాదన గురించి తెలిసిన వారై ఉయ్యాల సెకనుకు చేసే చుట్లు చాలినన్ని ఉంటాయని చెప్పారు. అంచేత లెక్కకట్టడం వలన మన వాదన తీరదు.

మీ రు: అయినా మిమ్మల్ని వప్పించి తీరుతాను. ఇదుగో ఈ గ్లాసులో నీరు చూడండి. అది వలకలేదు. ఆ మాటంటే తిరిగి బొక్కెన మాట మళ్లీ చెబుతారు గామాలు. ఇదుగో నాదగ్గర వడంబం *(plumb-line)* ఉన్నది. అది అస్తమానమూ కిందికే అంటే మన కాళ్లవైపే, ఉంటుంది. గది తిరగక మనమే తిరుగుతున్న పక్షంలో అది ఎప్పుడూ కిందికే వేళ్లాడుతుంది అంటే ఒకసారి మన తలల వైపు ఒక సారి పక్కకు ఊగాలి.

నే ను: పొరబడుతున్నారు: మనం చాలినంత వేగంతో తిరుగుతున్నట్లయితే వడంబం కూడా అక్షానికి (ఇరుసుకు) ఎడంగా, అర్ధవ్యాసంలాగ తోయబడాలి అందుచేత అది మన కాళ్లకేసే వేళ్లాడాలి. అదే జరుగుతున్నది.

## వాదనలు నెగ్గే విధం

ఈ వాదనలో నెగ్గేవిధం ఏమిటో చెప్తాను. ఉయ్యాలలో కూర్చునేటప్పుడు ఒక తీగ త్రాసు తీసుకొని, దానికొక బరువు, ఒక కిలోగ్రామనుకోండి, వేళ్లాడ కట్టి ముల్లు చూపే దాన్ని గమనించాలి. అది ఎంత సేపూ బరువు మీద ఎంత రాసి ఉందో అంతే చూపుతుంది — అంటే 1 కి.గ్రా. ఉయ్యాల నిశ్చలతకు ఇదే ఋజువు.

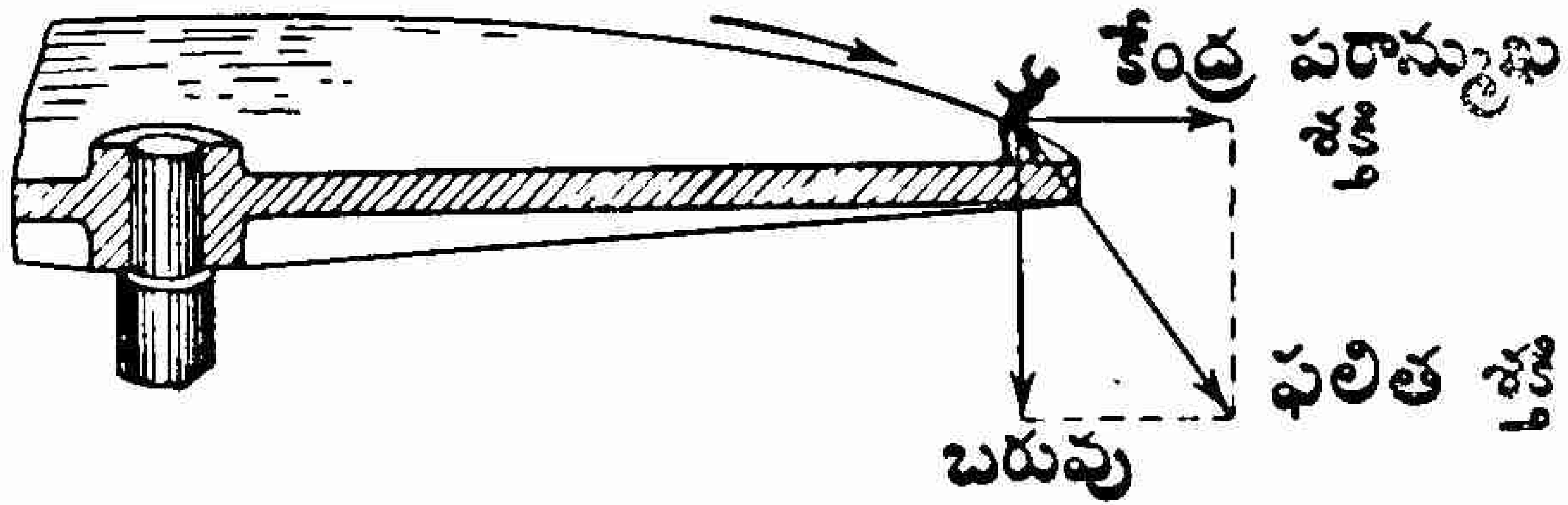
నిజానికి, మనం తీగత్రాసుతోబాటు అక్షం చుట్టూ వలయాలు తిరుగుతూన్న పక్షంలో, భూమి ఆకర్షణే కాక కేంద్రపరాన్ముఖ ప్రభావం కూడా బరువులో తేడా రావాలి. ఉయ్యాల కిందికి వచ్చినప్పుడది పెరగాలి; పైకి వెళ్లినప్పుడు తరగాలి. బరువు ఒక సారి భారం అధికం చేసుకున్నట్టు, ఒక సారి భారమే లేనట్టు కనపడాలి. కాని ఇది కనపడదు కనక తిరుగుతున్నది గదే కాని మనం కాదు.

## "మంత్ర గోళం"

ప్రజల వినోదం కోసం ఉపాయశాలి అయిన ఒక అమెరికన్ ఒక వినోదకరమైన, విజ్ఞాన ప్రదమయిన "రంకుల రాట్నం" నడిపాడు. గుండ్రగా తిరిగే బంతి ఆకారంగల గది వుండేది. అందులోకి ప్రవేశించిన వారికి కలిగే అనుభూతులు కలలలోను కట్టుకథలలోను మాత్రమే వీలయేవాటివిగా ఉండేవి.

అతివేగంగా తిరిగే గుండ్రని ప్లాటుఫారం అంచున నిలబడే మనిషి ఏ అనుభూతిని పొందుతాడో జ్ఞాపకం తెచ్చుకుందాం.

పరిభ్రమణం మనిషిని వెలుపలికి తోయప్రయత్నిస్తుంది. కేంద్రానికి ఎంత దూరంగా వుంటే మనం అంత బలంగా వెలుపలికి లాగబడి తోయబడుతాం. ఇప్పుడు కళ్ళు మూసుకుందాం. మనం మట్టంగా వున్న సమతలంమీద కాక ఏటవాలుగా వున్న సమతలంమీద కష్టపడి "బాలెన్సు" అవుతున్న భావన కలుగుతుంది. యీ స్థితిలో మన శరీరం పైన పని చేసే బలాలేవో తెలుసుకుంటే విషయం అర్థం అవుతుంది (చిత్రం 32). పరిభ్రమణం




చిత్రం 32. తిరిగే ప్లాటుఫారం అంచున ఉన్నవాడి స్థితి.

మనని వెలుపలికి తోసేస్తుంది, గురుత్వాకర్షణ దిగువకు లాగుతుంది. యీ రెండు బలాలను సంకలనం చేస్తే, సమాంతర చతుర్భుజసూత్రం ప్రకారం ఫలిత బలం దిగువవేపు ఏటవాలుగా వుంటుంది. పరిభ్రమణ వేగం ఎంత హెచ్చుగా వుంటే ఫలిత బలం అంత హెచ్చుగాను, కోణం అంత జాస్తిగాను వుంటుంది.

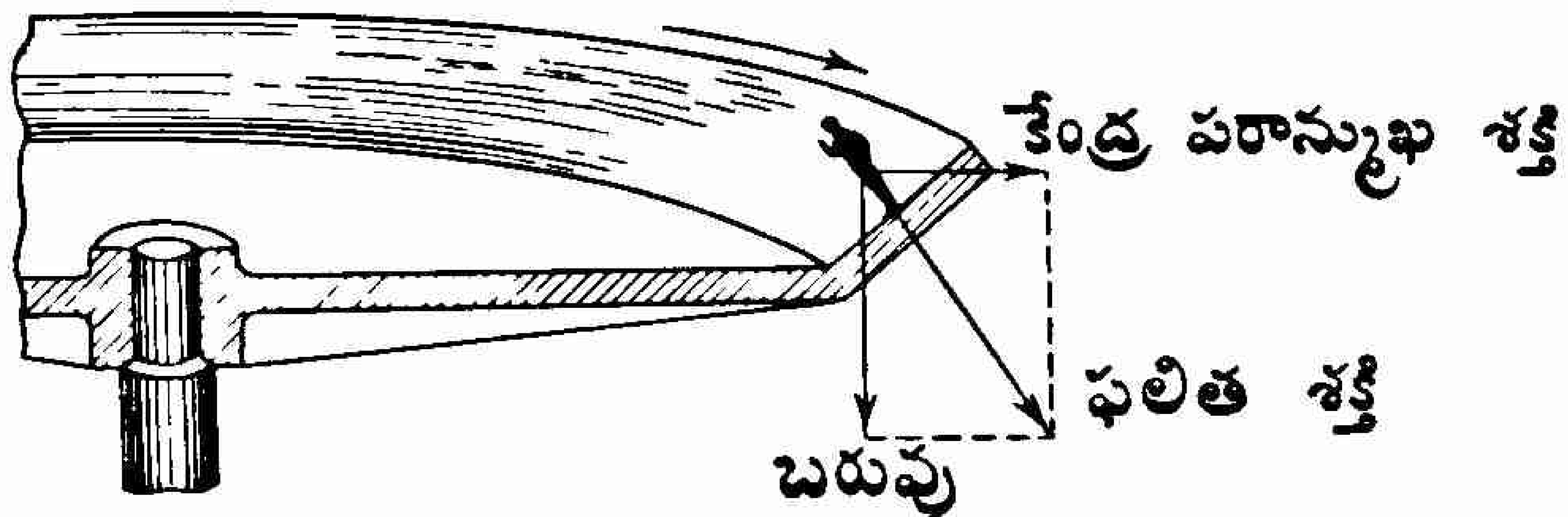
ఇప్పుడు ప్లాటుఫారపు అంచు ఏటవాలుగా వుండి, దాని పైన మనం నించున్నామనుకోండి (చిత్రం 33). ప్లాటుఫారం నిశ్చలంగా ఉన్నట్టయితే మనం అలా నిలబడి వుండలేం, జారి పోతాం, పడిపోతాం కూడా. కాని ప్లాటుఫారం తిరుగుతూ వుంటే అలాటిదేమీ వుండదు. అది తగినంత వేగంగా తిరిగినట్టయితే మనం నిలబడి వున్న సమతలం మట్టంగా వున్నదనిపిస్తుంది. ఎందుకంటే మనమీద ప్రయోగించబడిన రెండు శక్తుల ఫలితబలము కూడా ఏటవాలుగానే వుండి మనం నిలబడిన ఏటవాలు సమతలానికి లంబ కోణంలో వుంటుంది.*

తిరిగే ప్లాటుఫారానికి దానిపై భాగంలో ప్రతిచోట ఫలిత బలం ఆ చోటికి లంబకోణంలో ఉండేలాగ పళ్ళాన్ని వంపుగా తయారు చేసినట్టయితే, దాని పైన మనిషికి

---

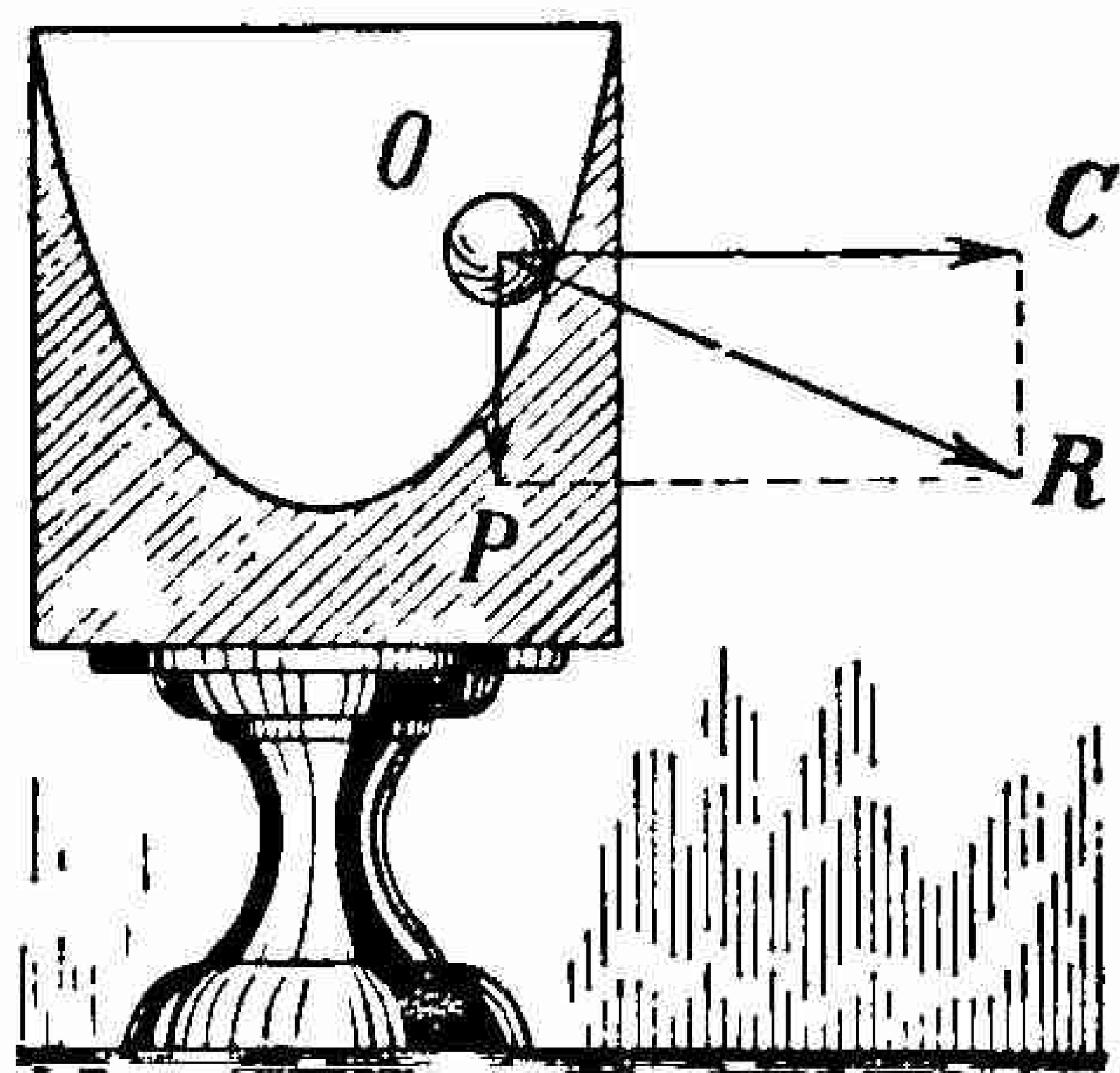
* ఈ కారణం చేతనే రైలు పట్టాలు వంపు తిరిగిన చోట వెలుపలి పట్టా లోపలి దానికంటే కొంచెం ఎత్తుగా వుంటుంది. కార్లు పందాలు జరిగే దారి కూడా లోపలి వైపుకు వాలి వుండడానికి గుండ్రంగా వంపు తిరిగి ఏటవాలుగా వుండే గోడలమీద పందాలలో పాల్గొనేవాళ్లు కార్లు నడపగలగడానికి యిదే కారణం.

ఎక్కడ నిలబడినా సరే తాను మట్టమయిన ప్రదేశంలో నిలబడినట్టే భావన కలుగుతుంది. అలా తయారు చేసిన ప్లాటుఫారం "ప రా బొ లా యి డు" అనబడే ఒక జామితీయ ఆకారంలో వుంటుందని గణితశాస్త్ర ప్రకారం కనిపెట్టారు. ఒక లోటాలో సగానికి నీరు పోసి అతి వేగంగా దానిని నిలువు అక్షంచుట్టూ తిప్పినట్టయితే నీటి పై భాగం యీ "పరాబొలాయిడు" ఆకారం పొందుతుంది. యీస్థితిలో అంచుల వెంబడి వుండే నీరు పైకి లేస్తుంది. మధ్య వున్న నీరు లోతుకు పోతుంది.




చిత్రం 33. తిరిగే ప్లాటుఫారం అంచు ఏటవాలుగా ఉంటే పడకుండా నిలువవచ్చు.

నీటికి బదులుగా లోటాలో కరిగిన మైనం పోసి అది పేరుకునేదాకా లోటాను గిరగిర తిప్పినట్టయితే చల్లారి పేరుకున్న మైనం నికరమైన "పరాబొలాయిడు" ఆకారాన్ని ఇస్తుంది. అలాటి ఆకారంగల తలం ఒక ప్రత్యేక వేగంలో తిరుగుతున్నప్పుడు బరువుగల వస్తువులపట్ల సమమట్టతలం లాగా ఉంటుంది: ఒక గోళికను ఆ తలంమీద ఏ బిందువులో ఉంచినా కిందకి దొర్లదు (చిత్రం 34).

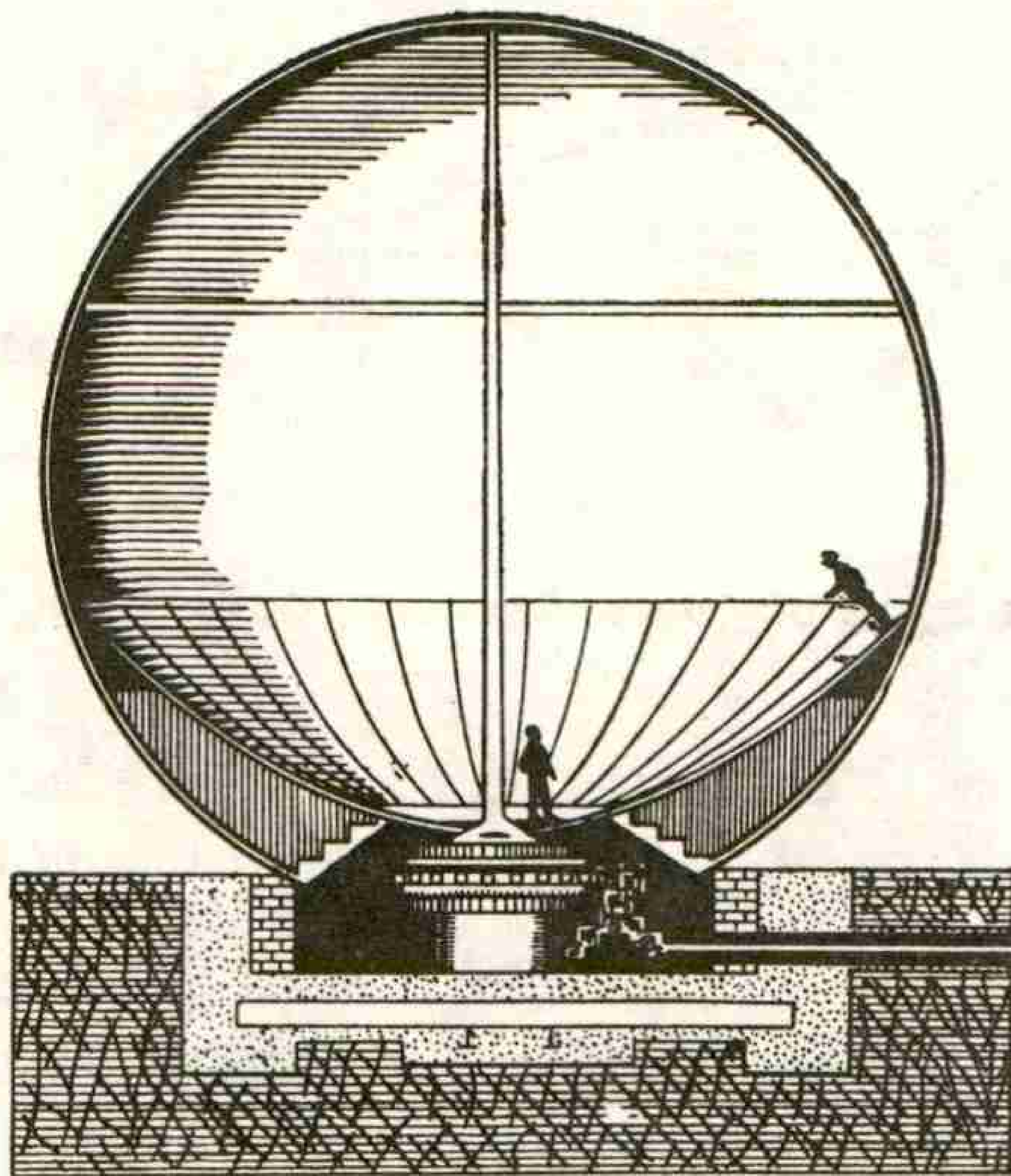



చిత్రం 34. లోటాను తగినంత వేగంగా తిప్పితే పక్కన ఉన్న బంతి పడిపోకుండా ఉంటుంది.

యిప్పుడు "మంత్రగోళం" యొక్క నిర్మాణం మీకు తేలికగా అర్థమవుతుంది. దాని దిగువ భాగం పెద్ద పరాబొలాయిడు ఆకారంలో వుండి తిరుగుతూ ఉన్న ప్లాటుఫారం. రహస్య యంత్రసాధనాలు దానిని కుదుపు లేకుండా తిప్పుతాయి (చిత్రం 35). అయినప్పటికీ చుట్టూ ఉన్న వస్తువులు వారితోబాటు తిరిగినట్టయితే అందులో వున్నవారికి తలతిరుగుడు వస్తుంది. ప్లాటుఫారం తిరుగుతున్నట్టు దానిమీద వున్న వారికి తోచకుండా వుండ

గలందులకు దాన్ని అపారదర్శకమైన గోడలుగల ఒక పెద్ద గోళంలో అమర్చి ప్లాటుఫారం ఏ వేగంలో తిరుగుతే గోళాన్ని కూడా అదే వేగంతో తిప్పుతారు.

''మంత్రగోళం'' లేక ''వింతగోళం'' అనబడే ఈ రంకులరాట్నపు నిర్మాణం అలాంటిది. ఈ గోళపు ప్లాటుఫారంపై నిలబడితే మీకేమనిపిస్తుంది? అది తిరిగేటప్పుడు ఎక్కడ నిలబడిన వాడికయినా తన కాళ్లకింద వున్న భాగం మట్టంగా వున్నట్టే తోస్తుంది. — నిజంగా మట్టంగా వుండే అక్షపు దగ్గిర నేలమీద నిలబడిన వాడికి, 45 డిగ్రీల ఏటవా

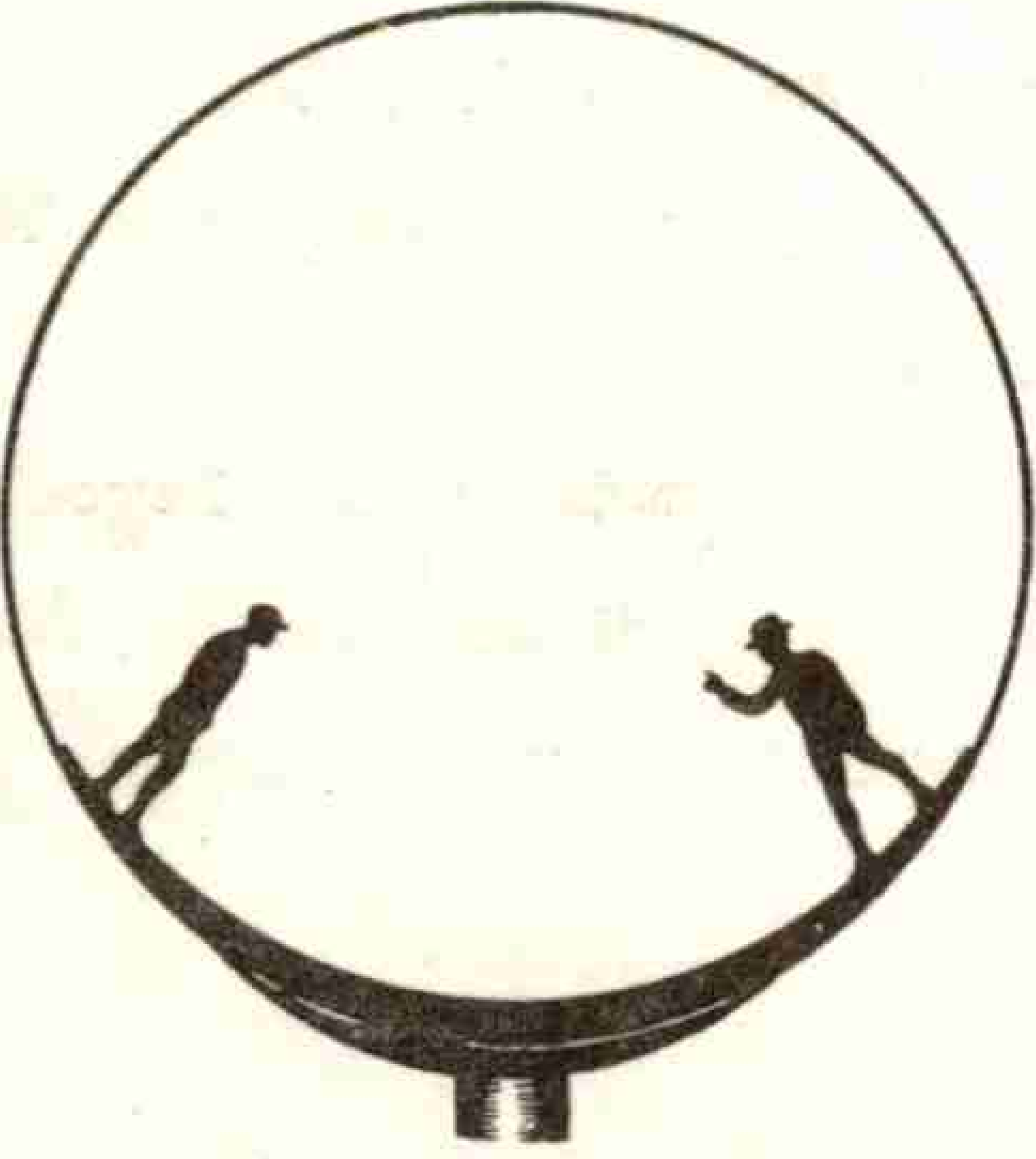


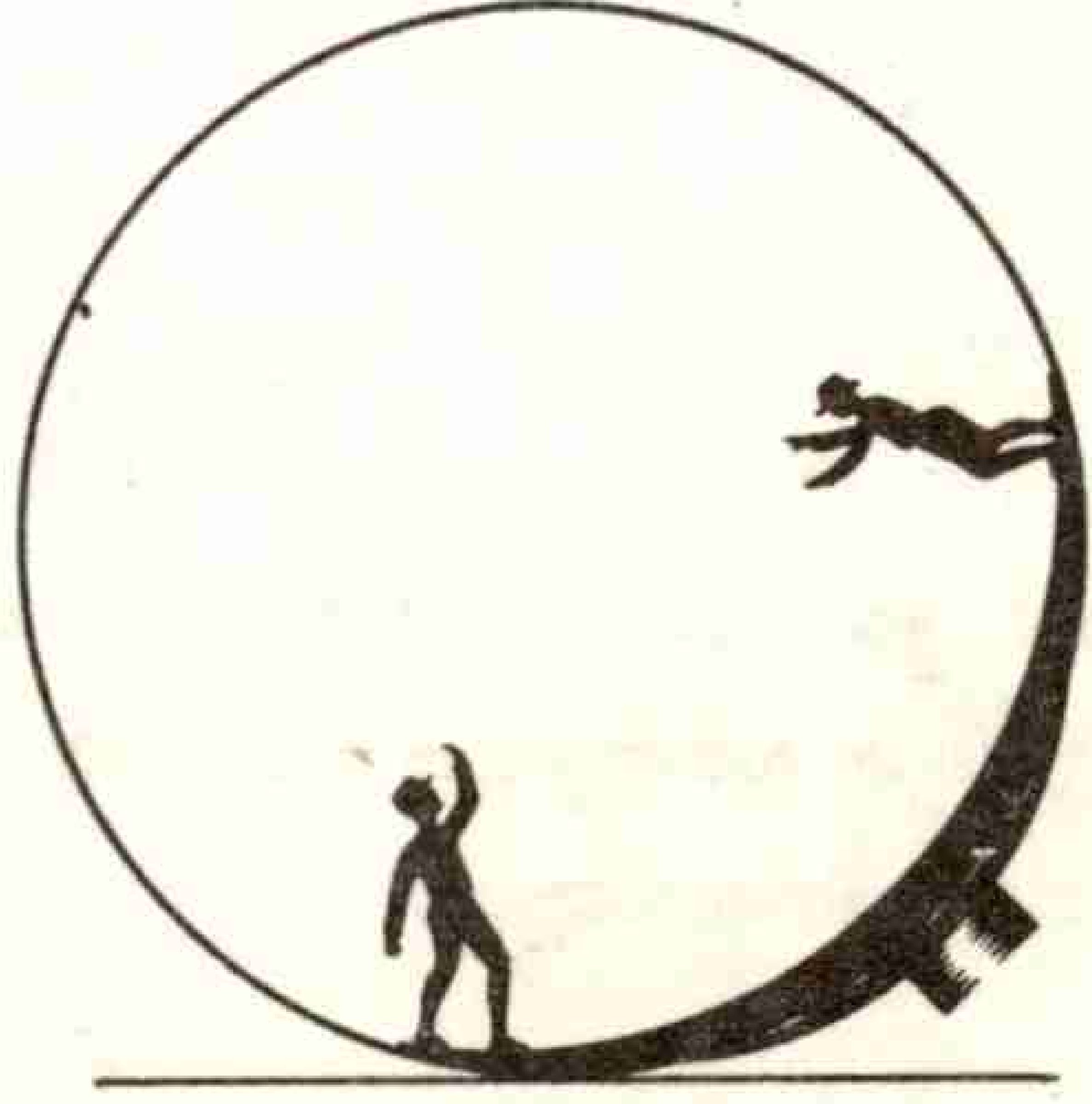
చిత్రం 35. ''మంత్రగోళం'' (మధ్యచ్ఛేదం).

లులో అంచుకు దగ్గరలో నిలబడిన వాడికి కూడాను. నేల గుంటగా వున్నట్టు కంటికి కనిపిస్తూనే వుంటుంది. కాని మనిషి కండరాలకు మాత్రం సమమట్టంగా వుండే చోట నిలబడినట్టే అనిపిస్తుంది. యీ రెండు భావాలు పరస్పర విరుద్ధమయినవి. మనం ఒక అంచునుంచి మరొక అంచుకు నడిచి వెళ్లినప్పుడు అంత పెద్ద గోళము మన బరువుకు సబ్బు బుడగ లాగ ఒక పక్కనుంచి ఇంకొక పక్కకు ఒరిగి పోయిందనిపిస్తుంది. ఎంత సేపూ మనం సమమట్టమయిన చోట వున్నామని అనిపిస్తుంది. ప్లాటుఫారంమీద ఏటవాలుగా నిలబడిన ఇతరుల పరిస్థితి మీకు అత్యంత అసాధారణమైనదిగా కనిపిస్తుంది: మనుషులు యీగల్లాగ ఎగువకు దిగువకు పాకుతున్నారనిపిస్తుంది (చిత్రం 36).

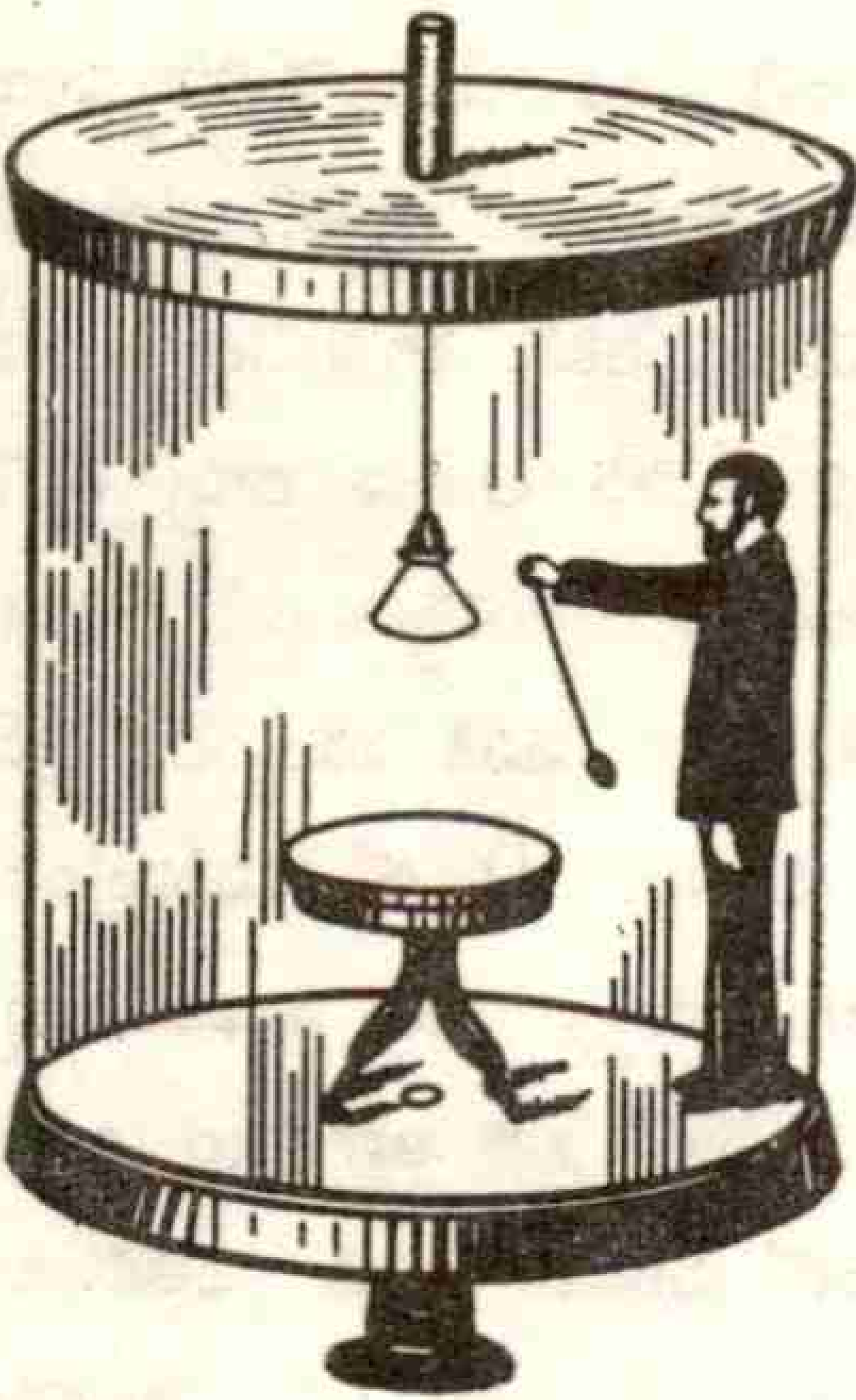
మంత్రగోళపు నేల పైన నీరు పోస్తే వంపు తలం మీద అన్ని వైపులా ఒకే పొరగా పరచుకొంటుంది; దాన్ని చూస్తూంటే మనకు ఏటవాలుగా వుండే నీటి గోడ స్ఫురిస్తుంది.

ఈ అద్భుతగోళంలో గురుత్వాకర్షణ గురించి మనకు నిత్యమూ వుండే భావాలన్నీ పోతాయి. కథలలోని వింతలోకంలోకి పోతాం.

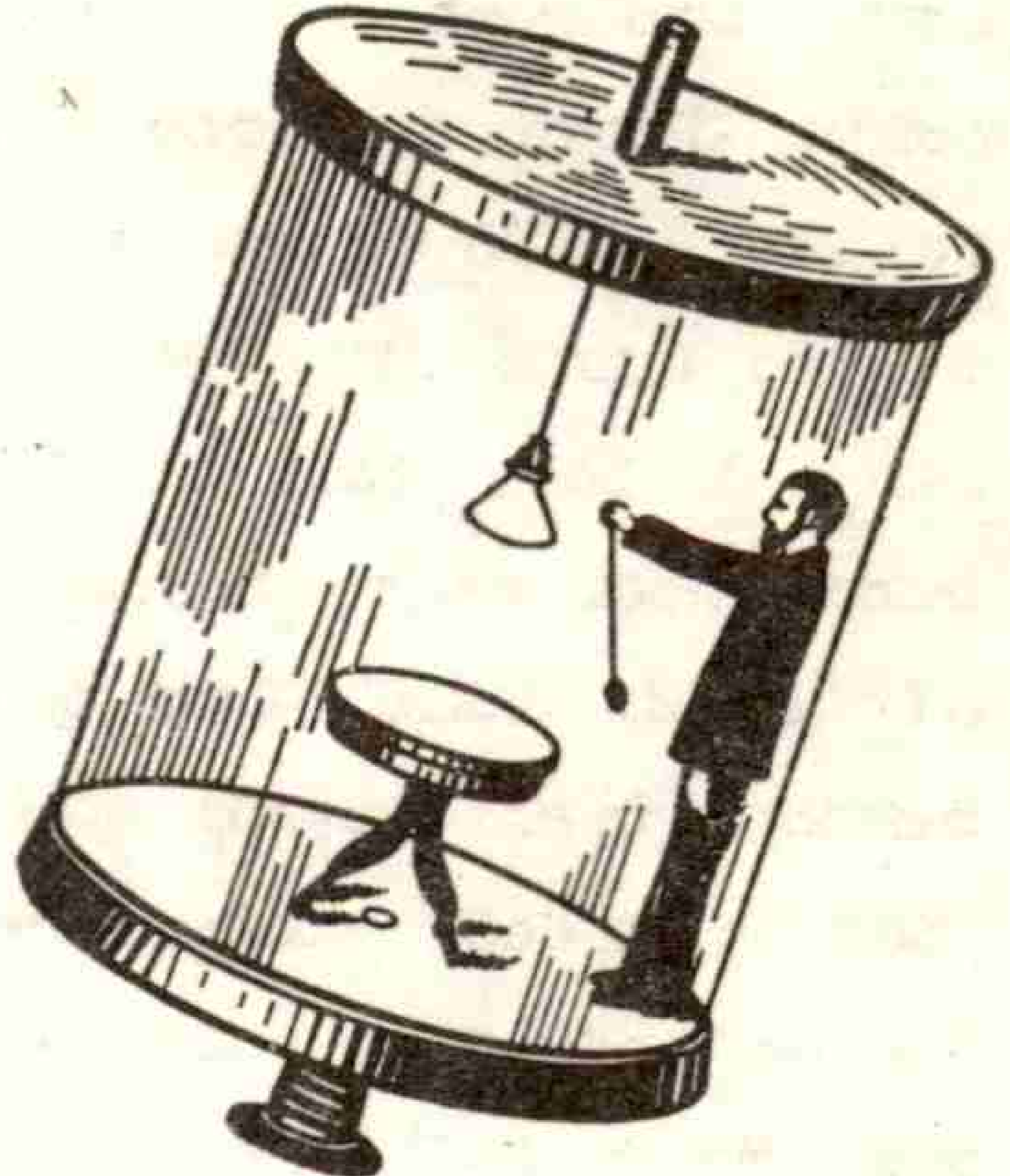




చిత్రం 36. (ఎడమ) "మంత్రగోళం" లోని మనుషుల వాస్తవస్థితి. (కుడి) ఒకరికొకరు కనిపించే స్థితి.



చిత్రం 37. పరిభ్రమించే ప్రయోగశాల, వాస్తవస్థితి.



చిత్రం 38. పరిభ్రమించే ప్రయోగశాల అగుపించే పద్ధతి.

విమానం తిరిగేటప్పుడు వైమానికుడికి యిలాటి భావమే కలుగుతుంది. గంటకు 200 కిలోమీటర్ల వేగంతో పోతూ 500 మీటర్లు అర్ధవ్యాసంగల వంకర మార్గంలో కదిలినప్పుడు భూమి 16 డిగ్రీల వాలులో లేచినట్టు కనబడుతుంది.

గ్యొటింగెన్ అనే జర్మన్ నగరంలో శాస్త్రావసరాలకుగాను గుండ్రంగా తిరిగే ప్రయోగ శాల నిర్మించారు (చిత్రం 37). సిలిండరు ఆకారంలో వుండే గది. దాని అడ్డ కొలత 3 మీటర్లు. అది సెకండుకు 50 చుట్లదాకా తిరిగేది. దాని నేల సమతలం కావడంచేత గోడకు సమీపంగా నిలబడిన వాడికి తిరిగే గది వెనక్కి వాలి వున్నట్టు, తాను ఏటవాలు గోడను ఆని నిలబడినట్టు తోస్తుంది (చిత్రం 38).

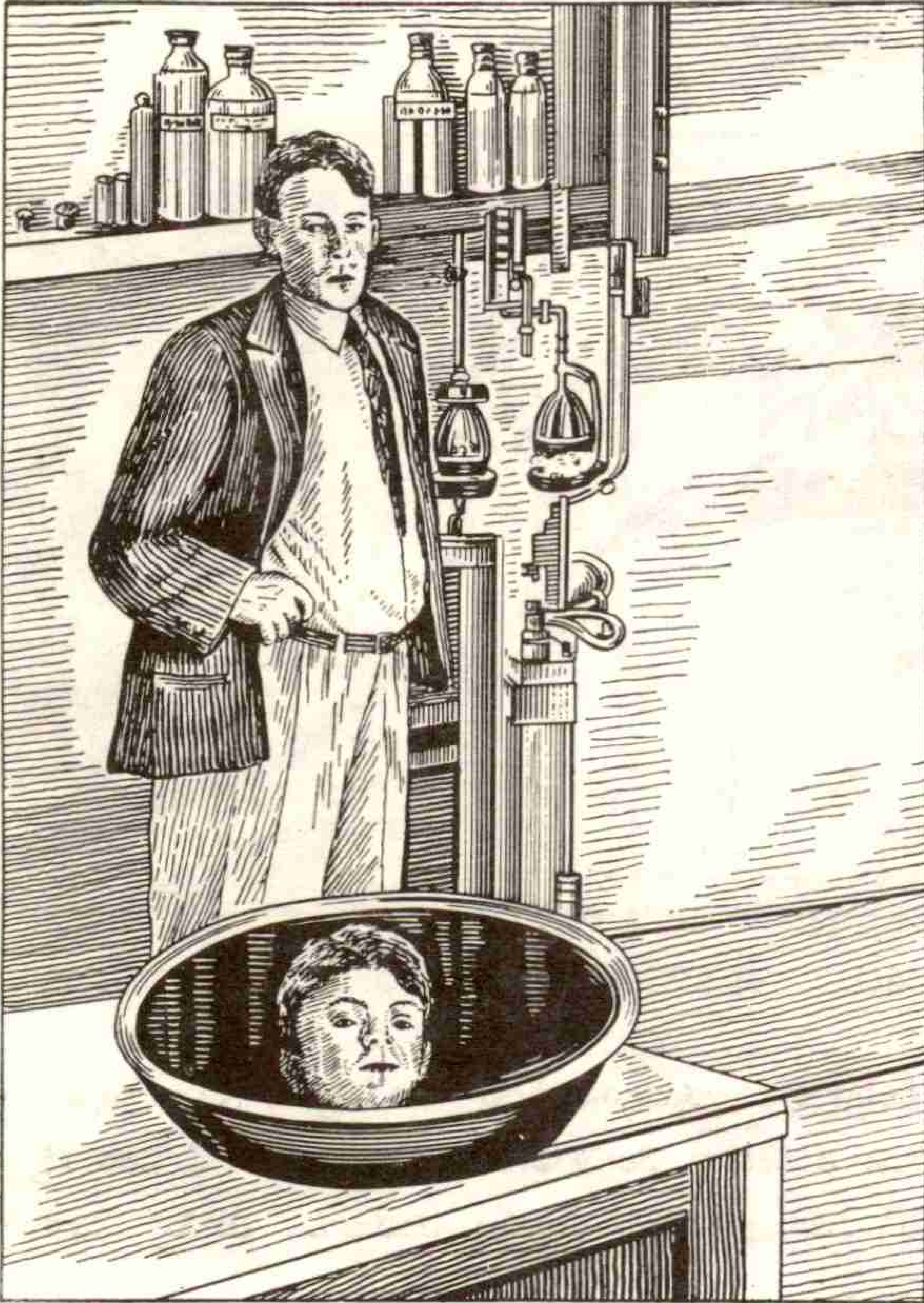
భవిష్యత్తులో దీర్ఘకాలం పనిచేసే స్ట్రాట్నిక్ ప్రయోగశాలలు విశ్వాంతరంలోకి పంపించినప్పుడు ఈ ప్రయోగశాలకు భ్రమణ చలనం కల్గించబడుతుంది. దీని వల్ల వీటిలో కల్పిత గురుత్వాకర్షణ కల్గుతుంది. ఈ విధమైన ప్రయోగశాల నిర్మాణం గురించి పరిశోధనలు జరుగుతున్నాయి.

## ద్రవ టెలిస్కోపు

రిఫ్లెక్టింగు టెలిస్కోపుకు అవసరమయిన దర్పణానికి వుండ వలసిన ఉత్తమతమ ఆకారం పరాబొలాయిడు — తిరిగే పాత్రలో ద్రవం ధరించే ఆకారమే. టెలిస్కోపులు తయారు చేసేవారు యీ ఆకారం గల దర్పణాన్ని తయారు చేయడానికి ఎంతో శ్రమపడి, ఏళ్ల తరబడి కృషిచేస్తారు. ఇంత శ్రమ లేకుండ వుడ్ అనే అమెరికన్ శాస్త్రవేత్త ద్రవ దర్పణం తయారు చేశాడు: వెడల్పయిన పాత్రలో పాదరసం పోసి ఆయన దాన్ని తిరిగే టట్టు చేసి నిర్దుష్టమయిన పరాబొలాయిడుయొక్క అంతరతలం వచ్చేటట్టు చేశాడు. పాదరసం కాంతిని చక్కగా ప్రతిఫలిస్తుంది కనుక అది దర్పణంగా పనికి వస్తుంది. వుడ్ అట్టి లోతులేని గుంటలో టెలిస్కోపు అమర్చాడు. అది చిత్రం 39 లో కనిపిస్తుంది. పాదరసంగల పాత్రను తిప్పడానికి వుపయోగించిన డ్రైవింగు బెల్టు, వుడ్ ముఖంయొక్క ప్రతిబింబం చిత్రంలో కనిపిస్తాయి. అయితే యీ టెలిస్కోపులో ఒక అసౌకర్యం ఉంది. ఏమాత్రం కుదుపు వచ్చినా ద్రవదర్పణంయొక్క ఉపరితలంలో ముడత లేర్పడి ప్రతిబింబం వంకర పోతుంది. ఎంతో సౌలభ్యంతో కూడుకున్నదయినప్పటికీ వుడ్ సృష్టించిన పాదరసం టెలిస్కోపు అమలులోకి రాలేదు. వుడ్‌గాని యితర భౌతికశాస్త్రవేత్తలుగాని తమాషా అయిన ఈ పరికరం పట్ల శ్రద్ధ చూపలేదు. అమెరికాలోని ఒక విశ్వవిద్యాలయం తాలూకు భౌతిక

శాస్త్ర శాఖకు ప్రధాని ఏ. జి. వెబ్‌స్టర్ యీ టెలిస్కోపును చూసిన మీదట యీ హాస్య రచన చేశాడు.

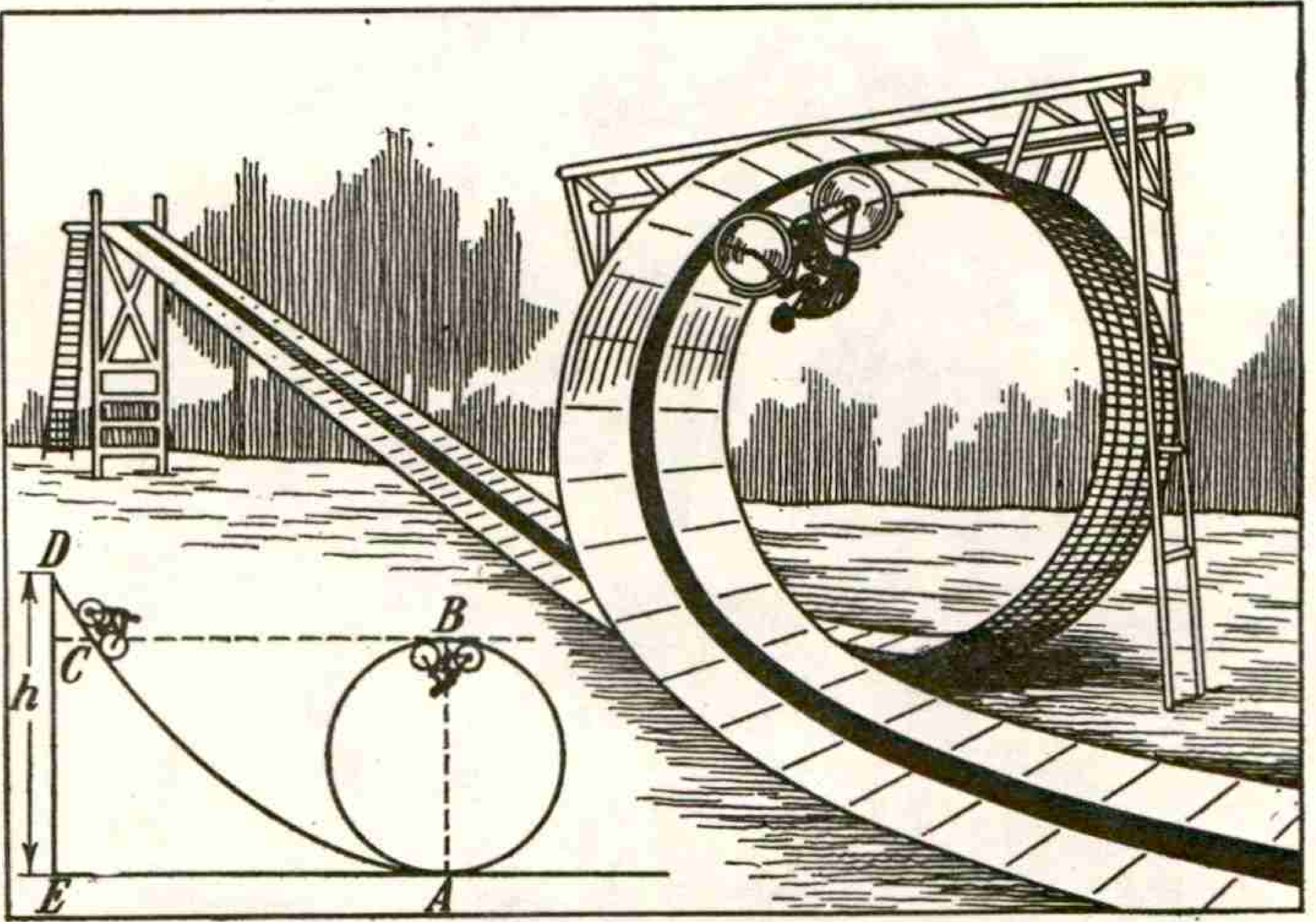
"గణ, గణ, గంట,
గుంటలో ప్రొఫెసరంట,
అందులో ఏముంచేడు?
గిన్నెతో పాదరసం ముంచేడు.
ఏం తీశాడు పైకి?
ఏమీ లేదు చివరకి!"



చిత్రం 39. టెలిస్కోపుయొక్క ద్రవదర్పణం.

# "లూప్" తిరగడం

మీరు సర్కసులో కళ్లు తిరిగే సైకిలు ఫీటు ఒకటి చూసి ఉంటారు: సైకిలు తొక్కేవాడు కిందనుంచి పైకి వెళ్తూ "లూప్" పైభాగంలో తలకిందులుగా అయిన ప్పటికీ పూర్తివలయాన్ని తిరుగుతాడు. చిత్రం 40 లో చూపిన విధంగా సర్కసుస్థలంలో క్రతో చేసిన వలయాకారంగల దారి ఉంటుంది. ఆదారిలో ఒకటిగాని అంతకంటె ఎక్కువగాని చుట్లు ఉంటాయి. ఫీటు చేసేవాడు వాలుగా ఉన్న దారి వెంబడి సైకిలు తొక్కుకుంటూ వచ్చి చప్పున పైకి లేచి వలయాన్ని అక్షరాలా తలకిందులుగా చుట్టి తిరిగి క్షేమంగా నేల మట్టానికి వచ్చేస్తాడు.*




చిత్రం 40. "లూప్" తిరగడం; దిగువ ఎడమ — లెక్క కోసం రేఖా చిత్రం.

గారడీలన్నిటిలోకి అత్యద్భుతమనిపించే యీ సైకిలు ఫీటు బుర్రను మథిస్తుంది. ఫీటు చేసేవాడు తలకిందుగా వేలాడేటప్పుడు పడిపోకుండా కాపాడే వింత శక్తి ఏమిటా అని గందరగోళంలో పడిన ప్రేక్షకులు ఆశ్చర్యం చెందుతారు. చూస్తూ చూస్తూ నమ్మలేని

*యీ ఫీటును 1902 లో "డయాబోలో" (జాన్సన్) "మెఫిస్టో" (నాజెట్) అనే ఇద్దరు సర్కసు వాళ్లు ఒకే సారి సృష్టించారు.

వాళ్లు ఇందులో ఏదో చిన్న మోసం ఉన్నదనుకుంటారు. నిజానికిందులో విడ్డూరమేమీ లేదు. దీనిని మెకానిక్స్ సూత్రాలు చక్కగా వివరించ గలవు. సైకిలు నడిచిన దారిలో ఒక బిలియర్డ్స్ బంతిని దొర్ల నిచ్చినట్టయితే అది కూడా ఆ ఫీటు చేస్తుంది.

ఏర్పాటు సరిగా ఉన్నదీ లేనిదీ చూసుకోవడానికి ఈ ఫీటును కనిపెట్టిన సైకిలు నిపుణుడు "మెఫిస్టో" తనతోసహా తన సైకిలు బరువుకు సమమైన బరువుగల గుండును దొర్లించాడు. గుండు సక్రమంగా దొర్లిన మీదటనే అతడు ఫీటు చెయ్య సాహసించాడు.

మనం లోగడ చర్చించిన నీటి బొక్కెనను తిప్పడం ప్రయోగంలోని సూత్రం పైనే యీ వింత ఫీటు కూడా ఆధారపడి ఉన్నదని మీరీపాటికి గ్రహించే వుంటారు. "లూప్" పైభాగం ప్రమాదకరమైనది. దాన్ని క్షేమంగా గడవాలంటే, అక్కడికి చేరేసరికి సైకిలుకు తగినంత వేగం వుండాలి. ఆ వేగం సైకిలు బయలుదేరే చోటుయొక్క ఎత్తుపైన ఆధారపడుతుంది. సైకిలుకుండవలసిన కనీస వేగం "లూప్"యొక్క వ్యాసార్ధంపైన ఆధారపడుతుంది. అందుచేతనే యీ ఫీటు అన్ని పరిస్థితులలోనూ పొసగదు. సైకిలు తొక్కేవాడు బయలుదేర వలసిన ఎత్తును సరిగా అంచనా కట్టాలి, లేకపోతే మెడలు విరిగి పోగలవు.

## సర్కసు గణితం

బొత్తిగా పొడి సూత్రాలు వరుసగా ఏకరువు పెడితే భౌతిక విజ్ఞాన ప్రియులు కొందరు బెదరి పోతారని నాకు తెలియక పోలేదు. కాని అలాటి గణితశాస్త్రం అంటే పడని వారు గణితాన్ని ఉపేక్షించడంవల్ల సంఘటనలను ముందుగానే ఊహించడమునూ, అవసరమైన పరిస్థితులను ఖచ్చితంగా అంచనా కట్టడంలోను కల ఆనందాన్ని కోల్పోతారు. ఇప్పుడు మనం చర్చించే సందర్భంలో "లూప్" చుట్టి రావడమనే అద్భుతమయిన ఫీటు విజయవంతంగా కొనసాగడానికి అవసరమైన పరిస్థితులు తగినంత కచ్చితంగా నిర్ణయించడానికొక రెండు సూత్రాలు చాలు.

ఇవి ఇదిగో:

ముందుగా మనకు కావలసిన అంశాలకు సంకేతాలు చెబుతాను.

సైకిలు బయలుదేరే ప్రదేశంయొక్క ఎత్తును $h$ అందాం;

"లూప్" యొక్క పైభాగానికి పైగా వచ్చే $h$ లోని భాగాన్ని $x$ అందాం; చిత్రం 40 లో చూపిన ప్రకారం $x=h-AB$;

"లూప్" యొక్క అర్ధవ్యాసం $r$ అనీ;

సైకిలుకూ మనిషికీ ఉమ్మడిగా వుండే ద్రవ్యరాశి $m$ అని అనుకుందాం. ఈ ఉభయుల బరువు $mg$ అవుతుంది. $g$ అనేది గురుత్వాకర్షణ వలకలిగే వేగవృద్ధి — అది 9.8 మీ/సె$^2$ అని తెలిసిన విషయమే.

అలాగే, సైకిలు "లూప్"యొక్క పైభాగంలో వున్నప్పుడు దాని వేగం $v$ అనుకుందాం.

ఈ ప్రమాణాలమధ్య మనం రెండు సమీకరణల సహాయంతో సంబంధం కుదర్చవచ్చు.

1. మెకానిక్సు ప్రకారం వాలుదారిలో $C$ వద్ద సైకిలుకు ఎంత వేగం వుంటుందో "లూప్" పైభాగంలో $B$ వద్ద అంతే వేగం ఉంటుంది. ఎంచేతంటే $C$, $B$ లు ఒకే ఎత్తులో ఉన్నాయి. (చిత్రం 40 లో దిగువన సైకిలు ఈ స్థానాలలో చూపబడియున్నది). ఇందులో మొదటి వేగాన్ని మనం ఇలా చెప్పవచ్చు: $v=\sqrt{2gx}$ లేక $v^2=2gx$ కనక "లూప్" పైభాగంలో సైకిలు వేగం $\sqrt{2gx}$ ఉంటుంది. అంటే $v^2=2gx$. *

2. సైకిలు $B$ వద్దమన్నప్పుడు అది కింద పడకుండా ఉండాలంటే కేంద్రపరాముఖ వేగవృద్ధి గురుత్వాకర్షణ వేగవృద్ధిని మించి ఉండాలి. అంటే $\frac{v^2}{r}>g$ లేక $v^2>gr$ అయితే $v^2=2gx$ అని మనకు తెలుసు గనుక $2gx>gr$ లేక $x>\frac{r}{2}$.

కనుక ఈ ఫీటు విజయవంతంగా సాగాలంటే సైకిలు బయలుదేరే దారియొక్క శిఖరాగ్రం ఎత్తు "లూప్" పైభాగం కన్న "లూప్"యొక్క వ్యాసార్థంలో రెండోవంతు హెచ్చు ఉండాలి. వాలుకోణం ఎంతున్నది ముఖ్యంకాదు. సైకిలు బయలుదేరే స్థలం వలయ శిఖరం కన్న దాని వ్యాసంలో నాలుగోవంతు ఎత్తుగా వుండడం ప్రధానం. మనం సైకిలుకుండే ఘర్షణ పరిగణించక $C$, $B$ లవద్ద దాని వేగం ఒకటిగానే ఉందనుకుందాం. కనుక సైకిలు మార్గాన్ని మరీ దీర్ఘంగా చేసి దిగడాన్ని మరీ మట్టంగా చేయరాదు. అలా ఉంచినట్టయితే ఘర్షణ జాస్తీఅయి $C$ వద్ద ఉండిన వేగం కన్న $B$ వద్ద తక్కువ అవుతుంది. 16 మీ. వ్యాసంగల లూపు చుట్టడానికి సైకిలువాడు కనీసం 20 మీ. ఎత్తునుంచి బయలుదేరాలి. ఈ నియమం పాటించక పోతే ఎంత కూసువిద్య గల వాడైనా లూపు తిరుగలేడు. దాని పైభాగాన్ని చేరుకోక పూర్వమే కింద పడిపోతాడు.

ఇంకొక సంగతి కూడా గమనించాలి. ఈ ఫీట్‌చేసేవాడు గొలుసు లేకుండా సైకిలును తొక్కుతాడు. సైకిలును గురుత్వాకర్షణకు గురి అయేటట్టు వదిలేస్తాడు. తన గమనవేగాన్ని అతను పెంచడంగాని తగ్గించడంగాని చెయ్యలేడు, చెయ్యకూడదు. అతను చూపవలసిందల్లా దారి మధ్యభాగాన్ని అంటి పెట్టుకొని ఉండడమే. ఏమాత్రం పెడతిరిగినా దారి తప్పి పక్కకు

* ఇలాటి సూత్రం వాడేటప్పుడు మనం పరిభ్రమిస్తున్న సైకిలు చక్రాల చట్రాలకున్న శక్తిని లెక్కలోకి తీసుకోవడం లేదు. ఈ గణన ఫలితం ఈ విషయంవల్ల ఎక్కువగా మారదు.

తోయబడే అపాయం ఉంది. అతను లూపు చుట్టివచ్చే వేగం చాలా హెచ్చు: 16 మీ. వ్యాసంగల లూపును చుట్టడానికి 3 సెకండ్లు పట్టుతుంది – అంటే అతని వేగం గంటకు 60 కి. మీ.! అంత వేగంతో నడిచే సైకిలును నడిదారిని నడపడం దుర్ఘటమైన పనే. అయితే ఆ పని చేయనవసరం లేదు. మెకానిక్సు సూత్రాలే అంతా చూసుకుంటాయి. "ఏర్పాట్లన్నీ దృఢంగాను నిర్దుష్టమైన గణనప్రకారం నిర్మించి ఉన్నట్టయితే సైకిలు సీటులో ప్రమాదమేమీలేదు. ప్రమాదకారణం సైకిలుమీద ఉండేవాడు మాత్రమే. అతని చేతులు వణికినా అతను ఉద్రేకం చెంది స్థిర చిత్తాన్ని కోల్పోయినా లేక అతనికి ఆకస్మికంగా తల తిరుగుడు వచ్చినా ఏం జరుగుతుందో 'చెప్పలేం" అని నిపుణులు వ్రాస్తారు.

విమాన చోదకంలో ప్రసిద్ధమైన "లూప్" తిరగడం మొదలైన గారిడీలు కూడా ఈ సూత్రంపైన ఆధారపడినవే. లూపు చుట్టడంలో అతిముఖ్యమైనవి విమానం నడపడంలో వైమానికుడికిగల నైపుణ్యము, తగినంత ఆరంభవేగము.

## తరుగు తూకం

బేరగాళ్లను మోసం చెయ్యకుండా తరుగు తూకం తూచే ఉపాయం తనకు తెలుసునని ఒక హాస్యగాడన్నాడు. అతడి రహస్యం భూమధ్యరేఖ ప్రాంతంలో సరుకులు కొని ధ్రువ ప్రాంతంలో అమ్మడం. వస్తువుల బరువు ధ్రువాలవద్దకన్నా భూమధ్యరేఖవద్ద తక్కువ ఉంటుందన్నది చాలా కాలంగా అందరికీ తెలిసిన విషయమే. భూమధ్యరేఖవద్ద కిలోగ్రాము బరువుండే వస్తువు ధ్రువాలవద్ద 5 గ్రాములు ఎక్కువ తూగుతుంది. కాని ఇందువల్ల లాభం పొందాలంటే తూకపు రాళ్లతో తూచే తక్కెడ ఉపకరించదు. వస్తువు బరువుతోపాటు తూకపు రాళ్ల బరువు కూడా హెచ్చుతుంది. కనుక తీగ త్రాసు, అదైనా భూమధ్యరేఖవద్ద తయారు చేసినది (కొలగీతలు వేసినది) ఉపయోగించాలి.

ఇలా చేసి ఎవడూ మిద్దెలు కడతాడని నేను 'అనుకోను. కాని మన హాస్యగాడు అన్న మాటలో నిజం ఉన్నది. భూమధ్యకు దూరం వెళ్లినకొద్దీ గురుత్వాకర్షణ హెచ్చుతుంది. దీనికి కారణం భూభ్రమణంవల్ల భూమధ్యరేఖపై ఉండే వస్తువులు దీర్ఘతమ వలయంలో తిరుగుతాయి. అదీకాక భూమధ్యరేఖవద్ద భూమి కొంచెం ఉబికి ఉంటుంది.

అయితే తరుగు తూకానికి ప్రధాన కారణం భూభ్రమణమే. ఈ కారణంచేతనే వస్తువుల బరువు ధ్రువాలవద్దకన్న భూమధ్యరేఖవద్ద 290 వ వంతు తక్కువగా ఉంటుంది.

తేలిక వస్తువులను ఒక అక్షాంశ రేఖనుంచి మరొక అక్షాంశ రేఖవద్దకు చేరవేసినప్పుడు వాటి బరువులలో కలిగే వ్యత్యాసం అతితక్కువ. కాని మరీ భారమైన వస్తువుల

విషయంలో ఈ తేడా కొట్టవచ్చినట్టు కనిపిస్తుంది. బహుశా మీకు తెలిసి వుండదు — మాస్కోలో 60 టన్నుల బరువుంటే రైలు అర్ఖాంగెల్స్క్* చేరేసరికి 60 కి. గ్రా. హెచ్చుబరువుంటుంది. ఒడెస్సా** చేరితే 60 కిలోగ్రాములు తక్కువ బరువు ఉంటుంది. ఒకప్పుడు స్పిట్స్‌బెర్గెన్ అనే ద్వీపంనుంచి దక్షిణ రేవులకు ఏటా మూడు లక్షల టన్నులవరకు బొగ్గు రవాణా అయ్యేది. ఈ బొగ్గునే భూమధ్యరేఖవద్ద వుండే రేవులకు రవాణా చేసినట్టయితే 1200 టన్నుల తరుగు చూపేది — స్పిట్స్‌బెర్గెన్‌లో తయారు చేసిన తీగ త్రాసుతో తూస్తేనే అనుకోండి. అర్ఖాంగెల్స్క్‌వద్ద 20 000 టన్నులు తూగే యుద్ధనౌక భూమధ్యరేఖవద్ద సముద్రంలో సుమారు 80 టన్నులు తక్కువ తూగుతుంది. అయితే ఈ విషయాన్ని మనం గమనించలేం ఎందుకంటే ఈ వ్యత్యాసం అన్నిటి బరువులలోను, సముద్రజలం బరువులో సైతం ఉంటుంది.***

భూమి ఇప్పటికన్నా మరింత వేగంగా — మాటవరుసకు మనకు రోజు 24 గంటలుకాక నాలుగు గంటలే ఉండేలాగ — తిరిగినట్టయితే ధ్రువాలవద్ద భూమధ్యరేఖవద్ద వస్తువుల బరువులలో కలిగే తేడా మరింత స్పష్టమవుతుంది. 4 గంటల రోజులుంటే ధ్రువాన ఒక కిలోగ్రాము తూగే వస్తువు భూమధ్యరేఖవద్ద 875 గ్రాములే తూగుతుంది. శనిగ్రహంమీద ఇంచుమించు ఇలాటి పరిస్థితే ఉన్నది. దాని మధ్య అక్షాంశ రేఖవద్ద కంటె ధ్రువాలవద్ద వస్తువుల బరువు ఆరోవంతు జాస్తీగా ఉంటుంది.

కేంద్రాన్ముఖ వేగవృద్ధి భ్రమణ వేగంయొక్క ద్వివర్గానికి అనుగుణంగా వృద్ధి చెందుతుంది కనుక కేంద్రాన్ముఖ వేగవృద్ధి 290 రెట్లు పెరిగి భూమియొక్క గురుత్వాకర్షణకి సమానం కావాలంటే భూమి ఎంత వేగంగా పరిభ్రమించాలో మనం తేలికగా తెలుసుకోవచ్చు. భూమి ఇప్పుడు పరిభ్రమించేదానికి సుమారు 17 రెట్లు వేగంగా తిరగాలి ($17 \times 17$ దాదాపు 290 కి సమానము). అప్పుడు వస్తువులు తమ ఆధారాలమీద ఒత్తిడిని కలిగించవు. ఇంకో విధంగా చెప్పాలంటే భూమి 17 రెట్లు ఎక్కువ వేగంగా పరిభ్రమించినదంటే భూమధ్యరేఖవద్ద వస్తువులు అసలు భారాన్నే కోల్పోయి ఉండేవి. శని గ్రహంమీద ఇది సాధ్యం కావాలంటే అది ఇప్పుడు తిరిగేదాని కన్నా $2^1/_2$ రెట్లు వేగంగా తిరుగుతే చాలు.

---

* 65 డిగ్రీల అక్షాంశరేఖ దగ్గర తెల్లసముద్ర తీరాన ఉన్న సోవియట్ నగరం.

** 45 డిగ్రీల అక్షాంశానికి మీదుగా నల్లసముద్ర తీరమున నున్న సోవియట్ నగరం.

*** కనుకనే నౌకలు ధ్రువప్రాంతపు సముద్రంలో ఎంతలోతుగా మునుగుతాయో భూమధ్యరేఖ ప్రాంతాల సముద్రంలో కూడా అంతే లోతుగా మునుగుతాయి. నౌకలు తేలిక అయే మాట నిజమేకాని అవి ఆక్రమించే నీటి బరువు కూడా అదే ప్రమాణంలో తేలిక అవుతుంది.

## నాలుగవ అధ్యాయం

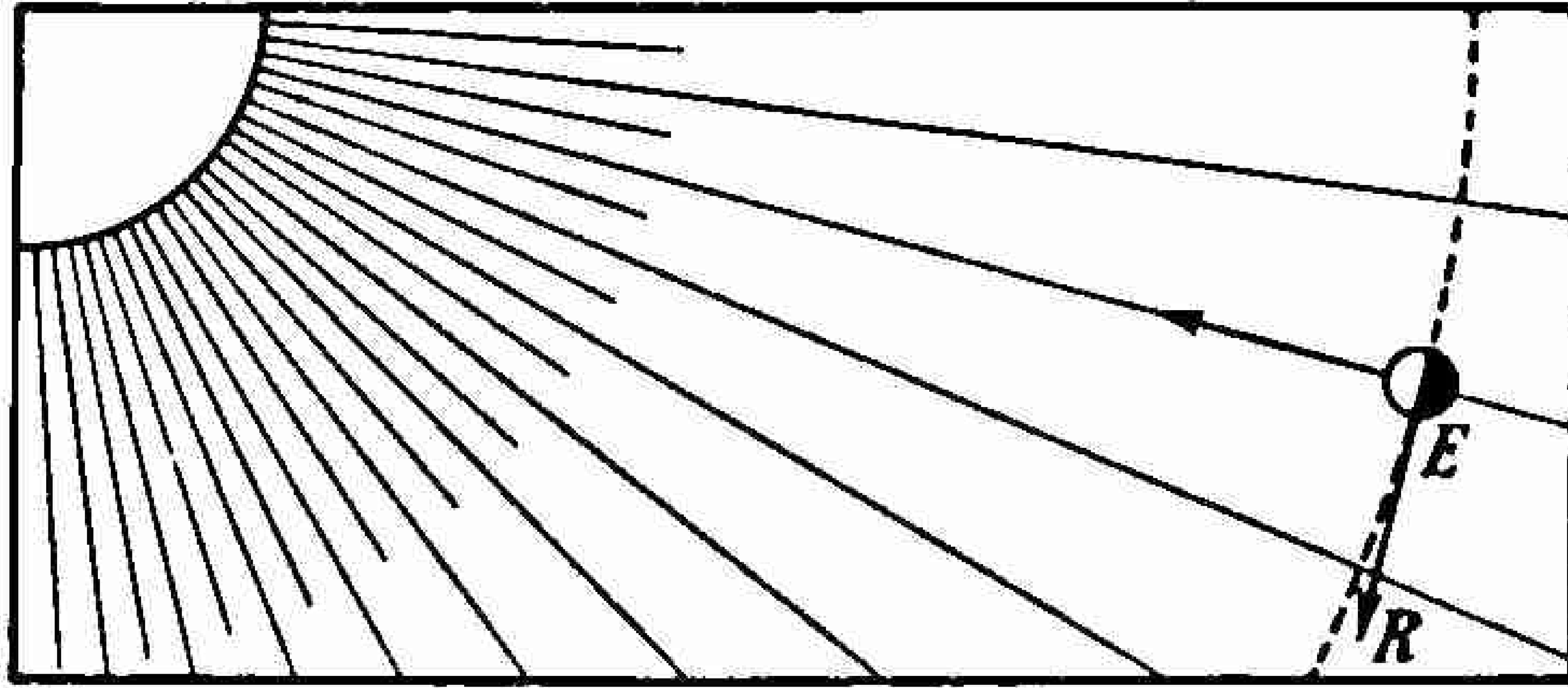
# గురుత్వాకర్షణ

## గురుత్వాకర్షణ బలం గణనీయమా?

"వస్తువులు కింద పడుతూ ఉండడం అనుక్షణమూ చూస్తూ ఉండకపోతే అది విడ్డూరమైన విషయమే," అని సుప్రసిద్ధ ఫ్రెంచి నక్షత్రవేత్త అరాగో రాశాడు. అలావా టుచేతనైనా భూమి ప్రతి వస్తువుమా ఆకర్షించడమనేది స్వాభావికంగాను సాధారణంగాను భావిస్తాం. కాని వస్తువులన్నీ పరస్పరం ఆకర్షించుకుంటాయంటే అటువంటిది మనం నిత్యజీవితంలో చూడం కనుక నమ్మలేక పోతాం.

నిజానికి సర్వసాధారణమైన గురుత్వాకర్షణ నియమం ఎల్లప్పుడూ మనచుట్టూ, సాధారణ పరిస్థితులలో ద్యోతకం కాకపోవడానికి కారణమేమిటి? బల్లలూ, పుచ్చకాయలూ, మనుషులూ పరస్పరం ఆకర్షించుకొనడం మనకెందుకు కనిపించదు? ఎందుకంటే చిన్న వస్తువుల మధ్య ఆకర్షణబలం చాల తక్కువ. ఇదుగో ప్రత్యక్ష ఉదాహరణ: రెండు మీటర్ల ఎడంలో నిలబడి ఉన్న ఇద్దరు మనుషులు ఒకరినొకరు ఆకర్షించుకుంటారు. కాని వారి మధ్య ఉండే ఆకర్షణబలం చాలా అల్పం, మామూలు బరువుగల మనుషుల మధ్య అది 0.01 మిల్లీగ్రాముకు లోపు. అంటే, ఇద్దరు మనుషులు పరస్పరం ఆకర్షించుకొనే బలం, త్రాసుపళ్లెంమీద 0.00001 గ్రాము బరువు ప్రయోగించే బలానికి సమానమన్నమాట. శాస్త్రవేత్తలు ప్రయోగశాలలో ఉపయోగించే అతిసున్నితమైన త్రాసులు మాత్రమే అంత కొద్దిపాటి బరువులను చూపగలవు. ఈ బలం మనని కదలించలేదని వేరేచెప్ప నవసరంలేదు. ఎందుచేతంటే మన పాదాలకు, నేలకు మధ్య ఉండే ఘర్షణ దానికి అడ్డు వస్తుంది. చెక్క నేలకూ, మనిషికీ మధ్య ఘర్షణ మనిషి బరువులో 30 శాతం ఉంటుంది; అలాటి నేలమీద

నిలబడి వున్న మనిషిని కదపడానికి 20 కిలోగ్రాముల బలం ఉపయోగించాలి. అదెక్కడ, మిల్లిగ్రాములో నూరోవంతెక్కడ? మిల్లిగ్రాము గ్రాములో వెయ్యోవంతు, గ్రాము కిలోగ్రాములో వెయ్యోవంతు. అందుచేత 0.01 మిల్లిగ్రాము మనిషిని తోసెయ్యడానికి అవసరమైన బలంలో మూరు కోట్ల వంతులో సగం! కనుక మనం నిత్యజీవితంలో వస్తువుల మధ్య ఉండే పరస్పరాకర్షణము చూడలేమంటే అందులో ఆశ్చర్యమేమీ లేదు!




చిత్రం 41. సూర్యుడి ఆకర్షణచేత భూమి ($E$) యొక్క కక్ష్య వక్రమవుతుంది. ఇనర్షియా భూమిని $ER$ అనే స్పర్శరేఖ వెంట నడిపింప యత్నిస్తుంది.

కాని ఘర్షణ లేకపోతే వేరే విషయం. అప్పుడు ఎంత దుర్బలమైన ఆకర్షణ అయినా వస్తువులను దగ్గరికి లాగడానికి ఆటంక మేమీ ఉండదు. కాని 0.01 మిల్లిగ్రాముల ఆకర్షణబలంవల్ల మనుష్యులు ఒకరినొకరు సమీపించే వేగం అతిస్వల్పంగా ఉండి గణనీయంకాదు. ఘర్షణ లేనిపక్షంలో 2 మీటర్ల ఎడంలో నిలబడిన మనుషులు మొదటి గంటలో 3 సెంటిమీటర్లు సమీపిస్తారని సులభంగా లెక్క గట్టవచ్చు. రెండవ గంటలో ఇంకా 9 సెంటిమీటర్లు సమీపిస్తారు, మూడవ గంటలో ఇంకా 15 సెంటిమీటర్లు సమీపిస్తారు. వారు సమీపించిన కొద్దీ వారు పరస్పరం దగ్గర అయ్యే వేగం హెచ్చుతుంది; అయినప్పటికీ వారి శరీరాలు తాకడానికి 5 గంటలకి తక్కువ పట్టదు.

ఘర్షణబలం అడ్డురాని సందర్భాలలో గురుత్వాకర్షణ ద్యోతకమవుతుంది. తాడుకు వేలాడ గట్టిన రాయిలో అది కనిపిస్తుంది. భూమియొక్క గురుత్వాకర్షణకు గురి అయి తాడు నిట్టనిలువుగా వేలాడుతుంది. కాని రాయి సమీపంలో భారీ వస్తువేదైనా ఉంచితే ఆ వస్తువు రాయిని తన వేపు ఆకర్షిస్తుంది. అప్పుడు తాడు కొద్దిగా వాలుగా అయి భూమియొక్క, ఆ వస్తువుయొక్క గురుత్వాకర్షణల ఫలిత దిశగా వేలాడుతుంది. యీ విషయాన్ని 1775 లో మస్కెలైన్ అనే ఆయన స్కాట్లండులో ఒక కొండ సమీపంలో మొట్టమొదటగా గమనించాడు. కొండకిరుప్రక్కలా, నిట్టనిలువు దిశను నక్షత్రాకాశ ధ్రువంయొక్క దిశతో పోల్చి చూశాడు. దరిమిలా ప్రత్యేకంగా నిర్మించిన త్రాసులలో విస్తృతమైన ప్రయోగాలు

జరిపి శాస్త్రవేత్తలు భూమిపైనున్న వస్తువులమధ్యగల గురుత్వాకర్షణ బలాన్ని కచ్చితంగా కొలవగలిగారు.

చిన్నచిన్న ద్రవ్యరాసులమధ్య ఉండే గురుత్వాకర్షణ లెక్కలోకి రాదు. ద్రవ్యరాసులు హెచ్చిన కొద్దీ వాటి గుణకార లబ్ధానికి అనుగుణంగా గురుత్వాకర్షణ పెరుగుతుంది. అయినప్పటికీ చాలామంది యీ గురుత్వాకర్షణ బలాన్ని గురించి అతిశయించి ఊహిస్తారు. ఒక శాస్త్రవేత్త — భౌతిక శాస్త్రజ్ఞుడు కాడనుకోండి; జంతు శాస్త్రవేత్త — సముద్రంలో తరచు గమనించబడే విషయం, పడవలు దగ్గర కావడం గురుత్వాకర్షణవల్లేనని నాతో నమ్మకంగా చెప్పాడు. గుణించి చూసినట్టయితే పడవలు ఒక దాన్నొకటి సమీపించటానికి, గురుత్వాకర్షణకు ఏమీ సంబంధము లేదని ఋజువవుతుంది. 25,000 టన్నుల బరువుగల రెండు నౌకలు 100 మీటర్ల ఎడంలో వున్నట్టయితే, అవి ఒకదాన్నొకటి 400 గ్రాముల బలంతో ఆకర్షించుకొంటాయి. ఆ నౌకలను అతిస్వల్పంగానైనా కదలించడానికి ఈ బలం ఎంత మాత్రము చాలదు. నౌకలమధ్య వుండే యీ వింత ఆకర్షణకుగల అసలు కారణం గురించి ద్రవాల గుణాలను గురించి వ్రాసిన అధ్యాయంలో చర్చిద్దాం.

చిన్నచిన్న ద్రవ్యరాసుల విషయంలో గణనీయం కాకపోయినప్పటికీ, అపార ద్రవ్యరాసుల గల ఖగోళాల మధ్య గురుత్వాకర్షణ ప్రబలశక్తిగా పరిగణించబడుతుంది. సౌరకూటపు అంచున ఎంతో దూరాన నెమ్మదిగా కదులుతూన్న నెప్ట్యూన్ గ్రహం సహితం మన భూమిని 180 లక్షల టన్నుల బరువుకు సమానమైన బలంతో ఆకర్షిస్తూ మనలని పలకరిస్తోంది. సూర్యుడికి భూమికి మధ్య ఎంతో దూరం వున్నప్పటికీ సూర్యుడియొక్క గురుత్వాకర్షణ ప్రభావంచేతనే సూర్యుడిచుట్టూ ఒక కక్ష్యకు అంటిపెట్టుకుని భూమి తిరుగుతున్నది. సూర్యుడాకర్షించడం ఏకారణంచేతనైనా మానివేస్తే యీ మన భూగోళం తన కక్ష్యకు స్పర్శరేఖలో బయలుదేరి అనంతాకాశంలోని నక్షత్రాంతరాళంలోకి సూటిగా వెళ్లిపోయి యుగాలకి కూడా తిరిగిరాదు.

# సూర్యుడికీ భూమికీ మధ్య ఉక్కు బంధాలు

మాటవరుసకు సూర్యుడికిగల ప్రబలమైన ఆకర్షణ శక్తి పోయిందని అనుకోండి. అప్పుడు భూమి ఆకాశపు అంధకారంలోకి వెళ్లిపోయే దుస్థితి ఏర్పడుతుంది. భూమిని సూర్యుడి చుట్టూ కక్ష్యలో తిరిగేలాగ వుంచడానికి అదృశ్యంగా వున్న గురుత్వాకర్షణ బంధానికి ప్రత్యా

మ్నాయంగా ఇంజనీర్లు సాదృశ్యమైన ఉక్కు బంధాలు ఏర్పాటు చేశారనుకుందాం. ఒక చదరపు మిల్లీమీటరు వుక్కు 100 కిలోగ్రాముల బరువును తట్టుకోగలదు, అందుచేత బంధం తయారుచెయ్యడానికి ఉక్కును మించినది మరేం వుంటుంది? అయిదు. మీటర్లు వ్యాసంగల బలమైన ఉక్కు స్తంభం వుంటుందనుకోండి. దాని మధ్యచ్ఛేదవైశాల్యం 2 కోట్ల చదరపు మిల్లీమీటర్లు వుంటుంది కనుక, 20 లక్షల టన్నుల బరువువరకూ ఇది భరించ గలదు. ఇలాటి స్తంభాన్ని భూమినుంచి సూర్యుడి దాకా అమర్చి, రెండు గ్రహాలనూ గట్టిగా బంధించామనుకోండి. భూమిని దాని కక్ష్యలో వుంచడానికి ఇలాటి స్తంభాలెన్ని కావాలో మీకు తెలుసా? లక్షకోటి! యీ స్తంభాలన్నిటినీ సూర్యుడికి అభిముఖంగా వున్న భూభాగం మీద సమమైన దూరాలలో అమర్చినట్టయితే స్తంభానికి స్తంభానికి మధ్య వుండే ఎడం స్తంభ పరిమాణం కంటె ఏమంత హెచ్చు వుండదు—యీ స్తంభాల అరణ్యం ఖండాలను సముద్రాలను అలా మనోగోచరంగా ఊహించుకోవచ్చు. యీ బ్రహ్మాండమయిన ఉక్కు స్తంభాల మహారణ్యాన్ని తెంచడానికి అవసరమైన శక్తిని ఊహించుకున్నట్టయితే భూమిని సూర్యుడి కేసి ఆకర్షించే అదృశ్య శక్తి ఎంతటిదో తెలుస్తుంది.

యీ మహత్తరశక్తి చేసేదల్లా భూమియొక్క మార్గాన్ని వంకరగా తిప్పి, భూమి స్పర్శరేఖకు ప్రతి సెకండు కాలంలోను 3 మిల్లీమీటర్లు ఎడంగా జరిగేలాగు చేయడం. యీ కారణంచేతనే భూమి, మొదలూ చివరా లేని దీర్ఘవృత్త మార్గంలో తిరుగుచున్నది. భూమిని సెకండుకు 3 మిల్లీమీటర్లు జరపడానికి ఎంత మహత్తరశక్తి కావాలో తలుచుకుంటే ఆశ్చర్యం కదా! దీనివల్ల భూమిలోగల ద్రవ్యరాసి ఎంత హెచ్చు కాకపోతే, అంత మహత్తరశక్తి దానిని అతితక్కువగా మాత్రమే జరపగలుగుతుంది?

## గురుత్వాకర్షణనుండి తప్పించుకోగలమా?

భూమికి, సూర్యుడికి మధ్య పరస్పరాకర్షణ లేకపోతే ఏమవుతుందని ఇంతకుముందు అనుకున్నాము. ఆకర్షణపు అదృశ్య బంధాలనుంచి విముక్తి పొందిన భూమి విశ్వాంతరాళపు అనంతాకాశంలోకి వెళ్లిపోతుందని చెప్పాను. గురుత్వాకర్షణ అంతమయితే మన భూమిమీద వుండే అన్ని వస్తువులకు ఏమవుతుంది అన్న విషయం గురించి ఊహాగానం చేదాం. ఈ వస్తువులకు మన గ్రహానికి కట్టి వుంచేదేమీ వుండదు కనుక చిన్న తోపుతో అవి విశ్వాంతరాళంలోకి ఎగిరిపోతాయి. నిజానికా చిన్న తోపు కూడా అవసరం లేదు. భూమి గుండ్రంగా తిరుగుతున్నది కనుక గట్టి పట్టులేని ప్రతి వస్తువు ఆకాశంలోకి ఎగిరిపోతుంది.

ఇంగ్లీషు రచయిత హెచ్. జి. వెల్స్ తన నవలలో చంద్రమండలానికి ఊహాతీతమైన ప్రయాణాన్ని వర్ణించడానికి ఇలాటి భావాలే వాడేరు. "చంద్రమండలంలో మొదటి మనుషులు" అనే ఈ నవలలో ఆయన అంతర్‌గ్రహ ప్రయాణాలకు ఒక తెలివైన వుపాయాన్ని స్వతంత్రంగా సృష్టించాడు. వెల్స్ నవలలోని ప్రధాన పాత్ర అయిన శాస్త్రజ్ఞుడు గురుత్వాకర్షణ శక్తిని నిరోధించే ఒక ప్రత్యేక ధాతుమిశ్రమాన్ని కనిపెడతాడు. యీ మిశ్రమంతో చేసిన పలకను ఏ వస్తువు కిందైనా పెడితే ఆ వస్తువు భూమియొక్క ఆకర్షణనుంచి విముక్తి పొంది, యితర వస్తువుల ఆకర్షణలకు గురి అవుతుంది. యీ ఊహాతీత పదార్థానికి, దాని స్రష్ట అయిన కావొర్ అనే పాత్ర పేర్న "కావొరైట్" అని వెల్స్ పేరు పెట్టాడు.

"గురుత్వాకర్షణకు అన్ని పదార్థాలు 'పారదర్శకాలని' అందరికీ తెలును. రకరకాల తెరలు ఉపయోగించి సూర్యుడి కాంతినీ, వేడినీ, విద్యుత్‌ఫలితాలనీ అవరోధించగలం. భూమియొక్క వేడినుంచి దేనినైనా రక్షించగలం లోహపు పలకలతో మార్కొనీ (రేడియో) తరంగాలను అడ్డవచ్చు, కాని సూర్యుడి గురుత్వాకర్షణను భూమియొక్క గురుత్వాకర్షణను అడ్డగలది ఏదీ లేదు. ఎందుకుండరాదో బోధపడదు. అలాంటి పదార్థం లేకపోవడాన్ని కావొర్ అర్థం చేసుకో లేకపోయాడు.... గురుత్వాకర్షణ నిరోధక పదార్థాన్ని తయారుచేయడం తనకు సాధ్యమవుతుందని అతను నమ్మాడు....

"అలాంటి పదార్థంవల్ల ఎంత అద్భుత ప్రయోజనాలు వుండేది కాస్త బుర్ర వున్నవాడికెవడికైనా తెలుస్తుంది.... మాటవరుసకు ఒక బరువు ఎత్తాలంటే, అది ఎంత భారమైనా కానీ కాక యీ పదార్థంలో తయారుచేసిన రేకును దాని కింద వుంచితే చాలు, గడ్డిపోచ సహాయంతో దాన్ని ఎత్తెయ్యవచ్చు."

యీ అద్భుతమైన పదార్థం దగ్గరుంచుకొని నవలలోని కథానాయకులు ఒక అంతరిక్ష నౌక నిర్మించి దానిలో వారు చంద్రుడివద్దకు సాహస యాత్ర చేయ నడుకట్టారు. ఆ నౌక నిర్మాణం చాలా సరళమయినది; అందులో యింజను లేదు. ఎందుకంటే అది ఖగోళాల ఆకర్షణతో నడుస్తుంది. ఆ నౌకను వెల్స్ యిలా వర్ణించాడు:

"ఇద్దరు మనుష్యులూ వారి సరంజామా పట్టడానికి సరిపడినంత గోళాన్ని వూహించుకోండి. అది వుక్కుతో చేయబడి లోపల మందమైన గాజు పలక అమర్చబడి ఉంటుంది. అందులో తగినంత ఘనీభవించిన గాలి, ఆహారపు నిగ్గు, నీరు బట్టీపట్టే పరికరాలు వగైరా వుంటాయి. గోళం పైభాగానికి పింగాణీ పూతలాగ 'కావొరైట్' పూత వుంటుంది. — లోపలి గాజు గోళం వాయునిరోధకంగా వుండవచ్చు. అందులో మనుష్యులు ప్రవేశించే రంధ్రం మినహాయిస్తే అంతా ఏకాండీగా వుంటుంది. ఉక్కు గోళం మాత్రం బహు భాగాలుగా వుంటుంది.

ప్రతి భాగాన్ని రోలర్ తెరల లాగా చుట్టడానికి వీలుంటుంది. వీటిని చుట్టడానికీ, దించడానికీ స్ప్రింగులు ఉపయోగించవచ్చు, వాటిని ఆడించడానికి గాజులో అమర్చిన ప్లాటినం తీగలద్వారా విద్యుచ్ఛక్తిని ప్రయోగించవచ్చు. అదంతా వివరాలకు సంబంధించిన విషయం. కనక ప్రధాన విషయమేమంటే చుట్టడానికి ఉపయోగించే రోలర్లు తప్పిస్తే, 'కావొరైట్' ఆక్రమించే భాగమంతా ఉండేది గవాక్షాలుగానో, లేక కిటికీ తెరలుగానో – ఏమైనా అనండి. గవాక్షాలన్నీ, లేక తెరలన్నీ మూసి ఉన్నప్పుడు గోళంలోకి ఎలాంటి కాంతిగాని వేడిగాని, గురుత్వాకర్షణగాని ప్రవేశించలేదు. కాని ఒక్క గవాక్షం తెరిచామనుకోండి! వెంటనే ఆ గవాక్షానికి సూటిగా వుండే ఏ భారీ వస్తువు అయినా మిమ్మల్ని ఆకర్షిస్తుంది....

"క్రియకు మేము ఆకాశంలో మా ఇష్టం వచ్చిన దిక్కుగా ప్రయాణించగలం."

## వెల్స్ కథానాయకులు చంద్రలోకానికి ప్రయాణించిన విధం

అంతర్గ్రహ నౌక బయలుదేరడం గురించి వెల్స్ చిత్రంగా వర్ణించాడు. వాహనం పైభాగాన ఉండే పలచని "కావొరైట్" పూతయొక్క ప్రభావంచేత అది పూర్తిగా భారరహితమై పోతుంది. భారరహితమైన వస్తువు గాలిసముద్రపు అడుగున చలనం లేకుండ ఉండజాలదని మీరు గ్రహించగలరు. ఒక చెరువు అడుగున వదలిన బెండు ఏ విధంగా నీటి ఉపరితలానికి వేగంగా తేలిపోతుందో ఆ విధంగానే భారరహిత వస్తువు కూడా వాతావరణపు గాలి పొరయొక్క పైభాగానికి దూసుకుంటూ తేలిపోవాలి. – భూభ్రమణం తాలూకు ఇనర్షియాచేత కూడా విసరివేయబడడంవల్ల అది అక్కడ ఆగక అంతరిక్షంలోకి పోవాలి. నవలలోని హీరోలు ఆ విధంగానే ఎగిరారు. ఆకాశంలో ప్రవేశించాక కావొర్, అతని మిత్రుడు గవాక్షాలు మూసీ తెరిచీ కొంతసేపు సూర్యుడి ఆకర్షణనూ కొంతసేపు భూమి ఆకర్షణనూ కొంతసేపు చంద్రుడి ఆకర్షణ వాహనపు అంతర్భాగం మీద ప్రయోగించుకుని చివరకు చంద్రమండలం చేరుతారు. తరువాత వారిలో ఒకడు అదే వాహనంలో భూమికి తిరిగి వస్తాడు.

యీ ఏర్పాటులో వుండే అసంగతమయిన అంశాన్ని "అంతర్గ్రహయానాలు" అన్న గ్రంథంలో వివరించాను కనుక ఇక్కడ వివరాలలోకి వెళ్లను. ప్రస్తుతానికి వెల్స్‌నే నిజమని నమ్మి అతని హీరోల వెంట చంద్రుడి వద్దకు పోదాం.

# చంద్రుడిపైన అరగంట

భూమిమీదతో పోల్చితే గురుత్వాకర్షణ తక్కువగా, చాలా దుర్బలంగా వుండే ఆ లోకంలో వారెలాటి అనుభవాలు పొందారో చూదాం.

"చంద్రమండలంలో మొదటి మనుషులు" నవలనుంచి తీసిన ఈ వరదా అయిన పేజీలు చదవండి. అపుడే చంద్రుడిపై దిగిన భూలోక వాసులలో ఒకడు చెపుతున్నాడు.

"నేను మర వూడదీస్తూ వుండి పోయాను.... గోళంనుంచి వెలికి వచ్చే రంధ్రంవద్ద మోకరించి తరువాత దాని ముందుగా కూర్చుని, బయటికి చూశాను. కిందుగా, నా ముఖానికి ఒక గజం లోతుగా అడుగు జాడలు లేని చంద్రమండలపు మంచున్నది.... కావోర్ చెయ్యి చాచి దుప్పటి అందుకుని దాని మధ్యగల రంధ్రంనుంచి తలదూర్చి దాన్ని కప్పుకున్నాడు. అతను రంధ్రద్వారం అంచున కూర్చుని కాళ్ళ కిందకు చంద్రగోళపు మంచుకు అరంగుళాల దూరంలోకి చాచాడు. అతడు ఒక్క క్షణం సంకోచించి కిందికి జారి.... చంద్రుడి మట్టి పైన నిలబడ్డాడు.

"అతను ముందుకు అడుగు వేసేటప్పుడు గాజు అంచులోనుంచి అతని రూపం వికృతంగా వక్రీభమణం చెందింది. అతను క్షణం పాటు అటూ ఇటూ చూస్తూ నిలబడి అంగాలు కూడదీసుకుని దూకాడు.

"గాజులోనుంచి ప్రతీదీ వక్రంగానే కనిపించింది. అయినా అలా కూడా అది నాకు పెద్ద గెంతేననిపించింది.... అతను ఇరవై ముప్ఫై అడుగుల దూరం చేరినట్టు కనబడింది. అతను ఎత్తుగా ఒక రాళ్ల గట్టుపై నిలబడి నాకేదో సంజ్ఞలు చేస్తున్నాడు. ఒక వేళ అతను కేకలు పెట్టాడేమో – కాని నాకేమీ ధ్వని వినిపించలేదు. కాని అతనలా ఎలా చేయగలిగాడు?

"ఆశ్చర్యనిమగ్నుడనై నేను కూడా రంధ్రద్వారంనుంచి దిగాను.... లేచినిలబడ్డాను. నా ముందు మంచు దిబ్బ కిందకి ఏటవాలుగా వుండి ఒక కందకంలాగా ఏర్పడింది. నేనొక అడుగు ముందుకు వేసి దూకాను.

"నేను గాలిలో తేలి పోసాగాను. అతను నిలిచివున్న రాళ్ల గుట్ట నాకేసి వస్తూండడం కనిపించింది. అత్యాశ్చర్యం చెందుతూ దాన్ని గట్టిగా పట్టుకున్నాను.... కావోర్ ముందుకు వంగి హీన స్వరంలో జాగ్రత్త అని హెచ్చరించాడు. భూమిపైన ఉండే నా బరువులో ఆరోవంతు మాత్రమే.... చంద్రుడి పైన ఉంటుందన్న విషయం మరిచాను. కాని ఇప్పుడు అది తప్పనిసరిగా జ్ఞాపకానికి వచ్చింది....

" 'చూడూ?' అంటూ తిరిగాను. అంతలోనే కావొర్ మాయమయాడు.

"క్షణంపాటు కొయ్యబారి పోయాను. తరువాత రాతి అంచుమీదుగా చూడాలనే ఉద్దేశంతో చప్పన ముందుకడుగు వేశాను. అయితే అతను అదృశ్యుడయ్యాడన్న ఆశ్చర్యంలో మేము చంద్రుడి పై వున్నామన్న మాట మళ్లీ మరచాను. నేను కాలు చాచి వేసిన అంగకు భూమిమీదనైతే ఒక గజం దూరం వెళ్లి వుండేవాణ్ణి. చంద్రుడిమీద ఆరుగజాలు — రాయి అంచును దాటి బాగా అయిదు గజాలు — పోయాను. ఒక క్షణం పాటు రాత్రిపూట కలలో అప్పుడప్పుడు అనంతంగా కిందకి పతనమవుతూ ఉంటామే ఆ విధమైన భావం కలిగింది. ఏంచేతంటే పతనమయే మొదటి సెకండులో భూమిమీదైతే 16 అడుగులు పడతాం. కాని చంద్రుడిమీద రెండడుగులే, అదీ కూడా మన బరువులో ఆరోవంతు బరువు తోటే, పడతాం. నేను సుమారు 10 గజాలనుకుంటాను పడ్డాను — పడడమేమిటి కిందకు గెంతాను అనొచ్చు. అది చాలా సేపు పట్టినట్టుంది — 5.6 సెకండ్లనుకుంటాను. నేను గాలిలో తేలి ఒక ఈకలాగ కింద పడ్డాను. తెల్లని చారలతో నీలపు బూడిదరంగులోనున్న రాతి కాలువ అడుగున కొట్టుకు పోయే మంచులో మోకాలు లోతుగా పడ్డాను.

"నా చుట్టూ చూసి 'కావొర్!' అని అరిచాను, కాని కావొర్ కనిపించలేదు.

" 'కావొర్!' అని ఇంకా గట్టిగా అరిచాను....

"అప్పుడతను కనిపించాడు. అతను నవ్వుతూ నాకోసం చేయి ఊపుతున్నాడు. అతను 20 — 30 గజాల దూరంలో ఒక రాతి పై నిలబడి వున్నాడు. అతని మాటలు వినిపించలేదు, కాని 'గెంతు!' అన్నట్టు సంజ్ఞ చేశాడు. నేను సస్తాయించాను, దూరం మరి జాస్తిగా వున్నదనిపించింది. కాని తప్పకుండా కావొర్ కంటె ఎక్కువ దూరం గెంతగలనని ఆలోచించాను.

"ఒక అడుగు వెనక్కి వేసి అంగాలు కూడదెచ్చుకొని బలంకొద్దీ గెంతాను. ఇక మరి కిందకి దిగకుండ గాలిలో దూసుకుపోతున్నాను అనిపించింది.

"అది భయంకరంగాను, సరదాగాను ఉంది. కలలాగ వెర్రిగా ఉంది ఈ విధంగా ఎగిరిపోవడం. నాగెంతు గొప్ప తీవ్రంగా ఉందని గ్రహించాను. కావొర్ తలపైగా ఎగిరి పోయాను."

## చంద్రుడిపై కాల్పులు

సుప్రసిద్ధ సోవియట్ ఆవిష్కర్త కె. ఇ. త్సియల్కోవ్స్కియ్ రచించిన "చంద్రుడి పైన" అనే నవలలోని యీ దిగువ సన్నివేశం ద్వారా, చలనంపై గురుత్వాకర్షణ ప్రభావం ఎలా వుండేదీ మనం తెలుసుకోవచ్చు. అన్ని వస్తువుల చలనానికి అవరోధంగా గాలిపొర భూమి

మీద వున్న కారణంచేత పతన సూత్రాలను మనం నగ్నంగా చూడలేము; ఇతర పరిస్థితుల వల్ల కొన్ని చిక్కులేర్పడతాయి. అయితే చంద్రుడిపైన వాతావరణం ఏమీ లేదు కనుక మనం అక్కడికి వెళ్లి ప్రయోగాలు చేయగలగాలేగాని వస్తువుల పతనాన్ని పరిశీలించడానికి అది అత్యుత్తమమైన ప్రయోగ క్షేత్రం.

ఇద్దరు మనుష్యులు చంద్రుడిపైన వుండి తుపాకి పేల్చితే గుండుయొక్క గమనం ఎలా వుంటుందో శోధించ గోరుతున్నారు పై నవలలోని సన్నివేశంలో.

" 'కాని ఇక్కడ తుపాకిమందు పేలుతుందా?'

" 'గాలిలోకన్న శూన్యంలో పేలుడు పదార్థాలు మరింత బలంగా పేలాలి. ఎందుకంటే వాటి వ్యాకోచాన్ని గాలి నిరోధిస్తుంది. ఇక ఆక్సిజను మాటా, దాని అవసరం వాటికి లేదు వాటికి కావలసినది వాటిలోనే వున్నది.'

" 'తుపాకీని నిలువుగా పెట్టి పేల్చుదాం, ఎందుకంటే పేలుడు తర్వాత గుండును దగ్గరలోనే వెతకొచ్చు.'

"గప్పున మంట వచ్చి తుప్‌మని చప్పుడయింది.* నేల కంపించింది.

" 'దట్టింపు ఎక్కడా? దగ్గరలోనే పడి వుండాలే.'

" 'అది కూడా గుండుతో బాటే పోయింది. బహుశా దానినుంచి అట్టే వెనక బడదు. భూమిమీదనయితే తుపాకి గుండు వెంట దట్టింపు గుడ్డ కూడా వెళ్లిపోకుండా గాలి ఆపి వుండును. ఇక్కడ యీ చంద్రమండలముమీద యీక కూడా రాయి లాగే వేగంగా పైకి పోతుంది; కింద పడుతుంది. దిండులోనుంచి నువ్వొక యీక తీసుకో, నేనొక యినుప గుండు తీసుకుంటాను. నేను నా గుండుతో దూరాన వున్న వస్తువును ఎంత తేలికగా కొట్ట గలనో నీవు ఆ యీకతో అంత తేలికగాను కొట్టగలవు. నా గుండు కొద్ది బరువుగలది కనుక దానిని నేను సుమారు 400 మీటర్ల దూరం విసరగలను. నీవు ఆ యీకను కూడా అంత దూరమూ విసరగలుగుతావు. దానితో దేన్నీ చంపలేవనుకో. అది విసిరితే ఒక వస్తువుని విసురుతున్నావని తెలియను కూడా తెలియదు. అయితే మరి మనం మన బలమంతా వినియోగించి — మనిద్దరి బలమూ ఒకటేననుకుంటాను — ఒకే గురికేసి — అదిగో, ఆ కనిపించే ఎర్రని రాతికేసి మన ప్రాజెక్టైలును విసురుదాం....'

"యీక, బలమైన సుడిగాలి లాగుకు పోయినట్టుగా, ఇనుప గుండుకన్న కొంచెం హెచ్చు వేగంతో వెళ్లింది.

---

* అలాటి ధ్వని నేలలోగుండా మానవ శరీరాలలోగుండా ప్రసారమవుతుంది. అది గాలిలో ప్రసారమయే ధ్వని కాదు. చంద్రుడిలో గాలి లేదు.

“ ‘కాని ఇదేమిటి? మనం తుపాకి పేల్చి మూడు నిమిషాలయింది, ఇంతవరకు గుండు తిరిగి రాలేదు.’

“ ‘మరి రెండు నిమిషాలు ఓపిక పట్టు. మూడొంతులు అది తిరిగి వస్తుంది.’

“నిజంగానే మరి రెండు నిమిషాల్లో నేల కొద్దిగా కదిలింది. కొద్ది దూరంలో మందుగుండు పడింది.

“ ‘గుండు చాలాసేపే ఎగిరిందే! ఎంత ఎత్తు వెళ్లి వుంటుంది?’

“ ‘సుమారు 70 కిలోమీటర్లు — గురుత్వాకర్షణ తక్కువాయె, వాయు నిరోధం లేదాయె.’ ”

ఇది ఎంత వరకు నిజమో చూదాం. తుపాకి గుండు ఆరంభవేగం హీనంగా సెకండుకు 500 మీటర్లు అనుకున్నట్టయితే — యీనాటి రైఫిలు గుళ్లు యింతకన్న ఒకటిన్నర రెట్లు వేగంతో పోతాయి. — గుండు, వాతావరణం లేదనుకున్న పక్షంలో, వెళ్లే ఎత్తు

$$h=\frac{v^2}{2g}=\frac{500^2}{2\times 10}=12{,}500 \text{ మీటర్లు},$$

అంటే 12.5 కిలోమీటర్లు. అయితే చంద్రుడి ఆకర్షణబలం భూమికి గల దానిలో ఆరోవంతే గనుక $g$ స్థానంలో $\frac{10}{6}$ తీసుకోవాలి. అందుచేత గుండు వెళ్లే ఎత్తు $12.5\times 6=75$ కిలోమీటర్లు.

## అడుగులేని బావి

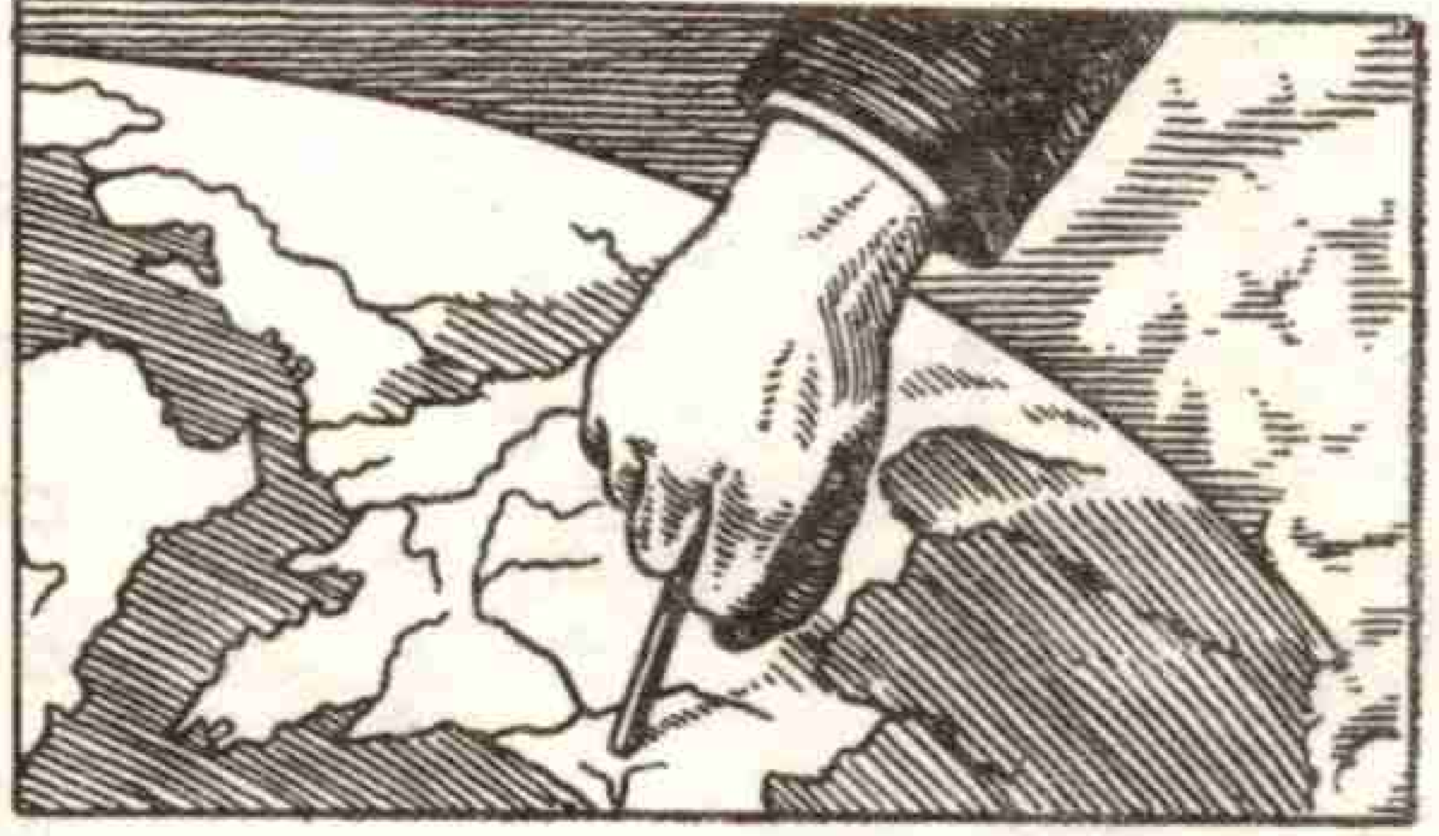
భూగర్భంలో ఏమి జరుగుతున్నదీ, మనకిప్పటికింకా ఏమీ అంతగా తెలీదు. భూమిపై భాగాన ఘనీ భవించిన పొర నూరు కిలోమీటర్ల మందాన వున్నదని, దాని దిగువన పదార్థము కరిగి మండుతూన్న ఖనిజ రూపంలో వున్నదని కొందరు అనుకుంటున్నారు. భూమి అంతా ఘనమేనని మరి కొందరంటున్నారు. ఎవరనేది నిజమో చెప్పడం కష్టం. ప్రపంచంలోకల్లా ఎక్కువ లోతుగా తవ్విన బావి లోతు 7.5 కిలోమీటర్లు. మనిషి చొరగలిగిన ప్రపంచంలోకల్లా ఎక్కువ లోతైన గని లోతు 3.3 కిలోమీటర్లు మాత్రమే.*

---

* దక్షిణాఫ్రికాలోని బొక్సుబర్గ్ బంగారుగనియొక్క ముఖం సముద్రమట్టానికి 1600 మీటర్లు ఎగువగా వున్నది, అందుచేత సముద్రమట్టానికి దిగువగా దాని లోతు 1700 మీటర్లు మాత్రమే. — సం.

భూమియొక్క అర్ధవ్యాసము చూడబోతే 6,400 కిలోమీటర్లు. భూమియొక్క వ్యాసం వెంబడి ఇటునుంచి అటు ఒక సొరంగం తవ్వగలిగితే అటువంటి సమస్యలు తప్పక తీరుతాయి. అయితే దురదృష్టవశాన మనకిప్పుడుండే తవ్వుపరికరాలతో అది సాధ్యపడే పని కాదు — ఇప్పటికి తవ్విన బావులన్నిటిని కలిపితే భూమియొక్క వ్యాసాన్ని మించే ఉన్నప్పటికీ.

18 వ శతాబ్దిలో మోపెర్ట్విస్ అనే గణితవేత్త వోల్టేర్ అనే తాత్వికుడూ భూమికి అటునుంచి ఇటు సొరంగం తవ్వడం గురించి ఊహాగానం చేశారు. అటు తరువాత ఫ్లామ్మరియోన్ అనే ఫ్రెంచి నక్షత్రవేత్త అదే ఆలోచన, అంత భారీ ఎత్తున కాకపోయినా, చేశాడు. ఈ విషయమై ఆయన వ్యాసం ప్రచురిస్తూ దానివెంట యిచ్చిన డ్రాయింగు చిత్రంలో 42 చూపి ఉన్నది.



చిత్రం 42. గ్లోబులో వ్యాసం వెంబడి రంధ్రం చెయ్యడం.

అటువంటిదేం ఇంతవరకూ జరగలేదనుకోండి. అయినా ఒక చిత్రమైన సమస్యను చర్చించేటందుకుగాను అలాటి అడుగులేని బావి నిజానికి ఉన్నదనే అనుకుందాం. అలాటి అడుగులేని బావిలో మీరు పడిపోయినట్టయితే ఏం జరుగుతుందని మీరనుకుంటున్నారు? (వాయు నిరోధాన్ని ప్రస్తుతం పరిగణించకండి.) యీ బావికి అడుగు లేదు కనుక మీరు అడుగున దభాల్న పడే సమస్య లేదు. అయితే మీరెక్కడ ఆగిపోతారు?

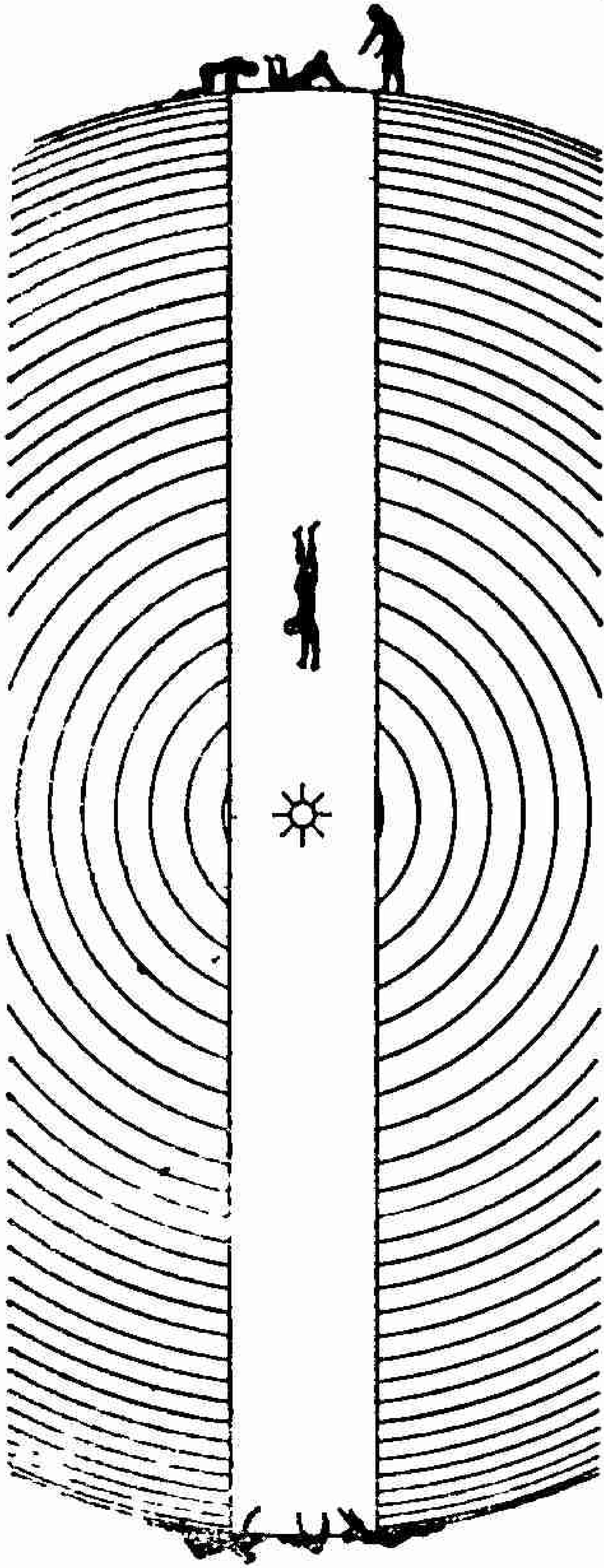
భూమియొక్క కేంద్రందగ్గర? అలా జరగదు.

మీరు కేంద్రానికి చేరేసరికి మీ శరీరం ఎంత బ్రహ్మాండమైన వేగం (సుమారు 8 కి.మీ/సె.) కలిగి ఉంటుందంటే ఆగడం అన్న ఊసే లేదు. మీరు కేంద్రాన్ని దాటి పోతారు. మీ వేగం మీరు సొరంగం రెండో చివరకు చేరుకునేదాకా క్రమంగా తగ్గుతుంది. అప్పుడు మీరు సొరంగం అంచును గట్టిగా పట్టుకుని ఆత్మరక్షణ చేసుకోక పోయినట్టయితే మళ్లీ సొరంగం అవతలి చివరిదాకా ప్రయాణించక తప్పదు. ఈ చివర కూడా దేన్నీ పట్టుకోలేకపోతే మళ్లీ సొరంగంలోకి పోతారు. ఆ విధంగా అంతు లేకుండ ఉయ్యాలలూగుతూ ఉండి పోతారు. అటువంటి పరిస్థితులలో (గాలి నిరోధాన్ని పరిగణించని పక్షంలోనేనని వక్కాణిస్తున్నాను) ఏ వస్తువైనా ఆగకుండా అటూ ఇటూ ఆడుతూ ఊగాలని మెకానిక్సు చెపుతుంది.*

* గాలి నిరోధం కూడా లెక్కలోకి తీసుకున్నట్టయితే ఈ ఉయ్యాల ఊపు క్రమంగా తగ్గి చివరకు మీరు భూమి కేంద్రం దగ్గర నిలిచి పోవడం జరుగుతుంది.

అయితే ఆ విధంగా ఒక సారి ఊగడానికి ఎంత కాలం పట్టుతుంది? ఒక కొసనుండి రెండవ కొసకు వెళ్లి తిరిగిరావడానికి 84 నిమిషాల 24 సెకండ్లు పట్టుతుంది. ఉజ్జాయింపుగా గంటన్నర.

"ఇది మన సొరంగం ధ్రువంనుంచి ధ్రువానికి భూమియొక్క అక్షంవెంబడి తవ్వితేనే" అంటాడు ఫ్లామ్మరియోన్. "అలాకాక సొరంగాన్ని మొదలుపెట్టే స్థానాన్ని ఇంకొక అక్షాంశానికి తీసుకవచ్చి సొరంగం ఏ యూరపు ఆసియా లేక ఆఫ్రికా ప్రాంతంనుంచో తవ్వితే భూభ్రమణం కూడా పరిగణించవలసి వస్తుంది. భూమధ్యరేఖమీద ప్రతి బిందువు సెకండుకు 465 మీటర్లు పరిగెడుతుందని, పారిస్ నగరం ఉండే అక్షాంశంమీద సెకండుకు 300 మీటర్లు పరిగెడుతుందని తెలిసిన విషయమే. అక్షానికి దూరం వెళ్లిన కొద్దీ వర్తుల వేగం హెచ్చుతుంది గనుక బావిలోకి జారి విడిచిన సీసపు గుండు నిట్టనిలువుగా పడక కొంచెంగా తూర్పుకు జరుగుతుంది. మన అడుగులేని సొరంగాన్ని భూమధ్యరేఖమీద తవ్వే పక్షంలో, దానిని చాలా వెడల్పుగానైనా తవ్వాలి, లేదా చాలా ఏటవాలుగానైనా తవ్వాలి. ఎందుచేతనంటే, దానిలోకి పడవైసిన వస్తువు భూమియొక్క కేంద్రానికి చాలా తూర్పుగా వెళ్లుతుంది.



చిత్రం 43. భూమి కేంద్రంగుండా తవ్విన సొరంగంలో పడడం తటస్థించితే మీరు ఈ చివరనుంచి ఆ చివరకు ఆగకుండా ఊగుతూనే ఉంటారు. ఒక చివరనుంచి రెండో చివరకు చేరుకోడానికి 84 నిమిషాలు పడుతుంది.

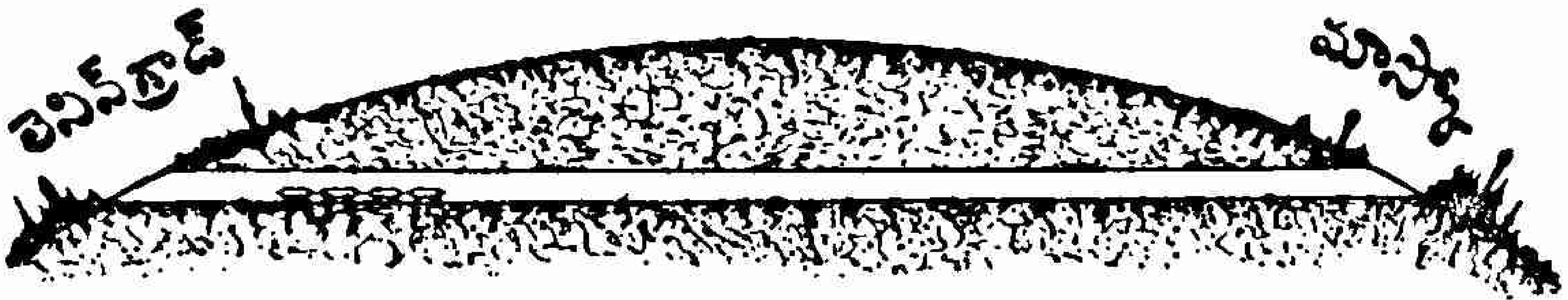
"ఇంతేకాక, సొరంగంయొక్క ముఖం దక్షిణ అమెరికా పీఠభూమిలో, సముద్ర మట్టానికి రెండు కిలోమీటర్ల ఎత్తున ఉండి, దాని రెండవ చివర సముద్రమట్టాన ఉన్నట్టయితే అలాటి సొరంగంలో ప్రమాదవశాన పడినవాడు ఎంత వేగంతో రెండవ చివరను చేరుతాడంటే దాన్ని దాటి రెండు కిలోమీటర్ల దూరం పోతాడు.

"అలా కాక పొరంగం రెండు చివరలూ సముద్రమట్టాన్నే ఉన్నట్టయితే అందులో పడినవాడు రెండో చివర కనిపించగానే, అప్పటికి వాడి వేగమంతా పోతుంది గనుక, వాడికి చెయ్యి ఇవ్వవచ్చు. ఇంతకుముందు చెప్పిన సందర్భంలో అతివేగంగా పోయే 'ప్రయాణీకుని' దారినుంచి తప్పుకోవాలి."

# విచిత్రమైన రైలు మార్గం

"మోటరు (ఇంజను) అవసరంలేని సేంట్‌పీటర్స్‌బర్గ్ — మాస్కో భూగర్భ రైలు మార్గం. మూడు ప్రకరణాల అసంపూర్తి కట్టుకథ" అన్న వింత పేరుతో ఒకప్పుడు సేంట్‌పీటర్స్‌బర్గ్‌లో (ఈ నాటి లెనిన్‌గ్రాడ్) ఒక చిన్న పుస్తకం ప్రచురణ అయింది. దాన్ని రచించిన రోద్నిహ్ ఒక తెలివైన పథకం సూచించాడు. భౌతికశాస్త్రవైపరీత్యాలంటే ఆసక్తిగలవారి నది రంజింపజేయవచ్చు.

ఆయన పథకం ఏమంటే, రెండు నగరాలను కలిపేలాగ సూటిగా, 600 కిలోమీటర్ల విడివిగల పొరంగం తవ్వడం. ఇలా చెయ్యడంవల్ల, ఇంతవరకు ఎల్లప్పుడూ లాగ వర్తుల మార్గాల ప్రయాణించడానికి బదులు మొట్టమొదటి సారిగా మానవులు సూటిగా ప్రయాణించ గలుగుతారు. (భూమియొక్క ఉపరితలం వంపు తిరిగి ఉంటుంది కనుక, దానిపైన ఉండే దారులన్నీ వంపు తిరిగి చాప రేఖలుగా ఉంటాయనీ, ఆయన సూచించే పొరంగం అలాగాక సూటిగా ('జ్యా') గా ఉంటుందని రచయిత భావం.)




చిత్రం 44. లెనిన్‌గ్రాడ్ — మాస్కో పొరంగంగుండా రైళ్లు నడవడానికి ఇంజన్లు అవసరం లేదు. రైళ్లు అటూ ఇటూ నడవడానికి వాటి బరువే చాలు.

ఈ విధమైన పొరంగం ఎప్పటికైనా తవ్వగలిగే పక్షంలో, దానిలో ప్రపంచంలో ఉన్న ఏ దారికీ లేని ఒక అపూర్వ లక్షణం ఉంటుంది. అదేమిటంటే ఈ సొరంగంలో ఏ బండి అయినా దానంతటదే నడుస్తుంది. భూమిలో అటునుంచి ఇటు తవ్విన సొరంగం గుర్తు తెచ్చుకోండి. లెనిన్‌గ్రాడ్ — మాస్కో సొరంగం ఇంచుమించు అలాటిదే, తేడా అల్లా

ఏమంటే ఈ సొరంగం భూమియొక్క వ్యాసంలాగ ఉండక "జ్యా" లాగ ఉంటుంది. చిత్రం 44 ను చప్పున చూడగానే, సొరంగంమట్టంగా ఉన్నది గనుక రైలు గురుత్వాకర్షణవలన కదలదనిపించవచ్చు. అది కేవలము భ్రమ. సొరంగం చివరలనుంచి భూమియొక్క కేంద్రానికి అర్ధవ్యాసాలు ఊహించుకున్నారంటే (అర్ధవ్యాసాలు నిట్టనిలువును సూచిస్తాయి) నిలువురేఖకు సొరంగానికి మధ్య సమకోణం ఉండదనీ, ఆకారణంచేత సొరంగం మట్టంగా కాక ఏటవాలుగా ఉంటుందని స్పష్టమవుతుంది.

అలాంటి సొరంగంలో, గురుత్వాకర్షణ ఫలితంగా, ప్రతివస్తువూ ఈ చివరనుంచి ఆ చివరకు, నేలను ఒరుసుకుంటూ ఉయ్యాలయాగాలి. అందులో పట్టాలున్నట్టయితే రైలు పెట్టె దానంతటదే కదులుతుంది. ఇంజనుకు బదులు దాని బరువే కదిలించే శక్తిగా పనిచేస్తుంది. ఆరంభంలో రైలు వేగం చాలా తక్కువ వుంటుంది, కాని ఒక్కొక్క సెకండే గడచిన కొద్దీ తనంతటదే కదలే రైలుయొక్క వేగం హెచ్చి, చివరకు ఎంత ఊహాతీతమైన ప్రమాణానికి వస్తుందంటే దానిపైన వాయు నిరోధ ప్రభావం స్పష్టంగా తెలుస్తుంది. ఎన్నో దివ్యమైన పథకాలను అమలు జరపడానికి అవాంతరంగా ఉండే ఈ వాయునిరోధాన్ని తాత్కాలికంగా విస్మరించి, మన రైలు సంగతి చూతాం. సొరంగం మధ్యప్రాంతాన్ని చేరేటప్పటికి రైలు వేగం ఫిరంగి గుండు వేగానికి అనేక రెట్లుండడంవల్ల అది ఆ వేగంతో ముందుకు దూసుకుపోయి దాదాపు రెండో చివరను చేరుకుంటుంది. "దాదాపు" అనడం దేనికంటే ఘర్షణం ఉంటుంది గనుక; ఘర్షణమే లేని పక్షంలో మన రైలు ఇంజను లేకుండానే లెనిన్‌గ్రాడ్‌నుంచి మాస్కో చేరుకోగలదు. ఈ దూరం నడవడానికి రైలుకు పట్టేకాలం, లోగడ అనుకున్న వ్యాసం మీద ఉన్న సొరంగంలో పడ్డ మనిషి రెండో చివరకు చేరుకొనడానికి పట్టేకాలము అంటే — 42 నిమిషాల 12 సెకండ్లు — ఉంటుందని లెక్కలను బట్టి తేలింది. ఈ కాలప్రమాణానికి సొరంగం నిడివితో ఏమీ సంబంధం లేకపోవడం చిత్రం. ఇలాటి సొరంగాలలో మాస్కోనుంచి లెనిన్‌గ్రాడ్‌కయినా వ్లదివొస్తోకుకయినా మెల్‌బోరన్‌కయినా, ఎక్కడికి పోవాలన్నా 42 నిమిషాల 12 సెకండ్లే పట్టుతుంది.*

ఈ సొరంగంలో మరే ఇతర వాహనమైనాసరే — మోటారయ్యేది బండి అయ్యేది, మరొకటయ్యేది — ఇలాగే నడుస్తుంది. నిజంగా కట్టుకథలకు చెందిన మార్గం. అది కదలదుగాని చక్రాలున్న ప్రతీదాన్ని పరిగెత్తిస్తుంది, పైపెచ్చు ఊహాతీతమైన వేగంతో.

---

* అడుగులేని బావి గురించి తెలుసుకోదగిన మరొక వింత విషయమేమంటే, ఈ ప్రయాణకాల ప్రమాణం గోళంయొక్క ప్రమాణం పైన కాక దాని సాంద్రతపై ఆధార పడుతుంది.

# సారంగాలు తవ్వే విధం

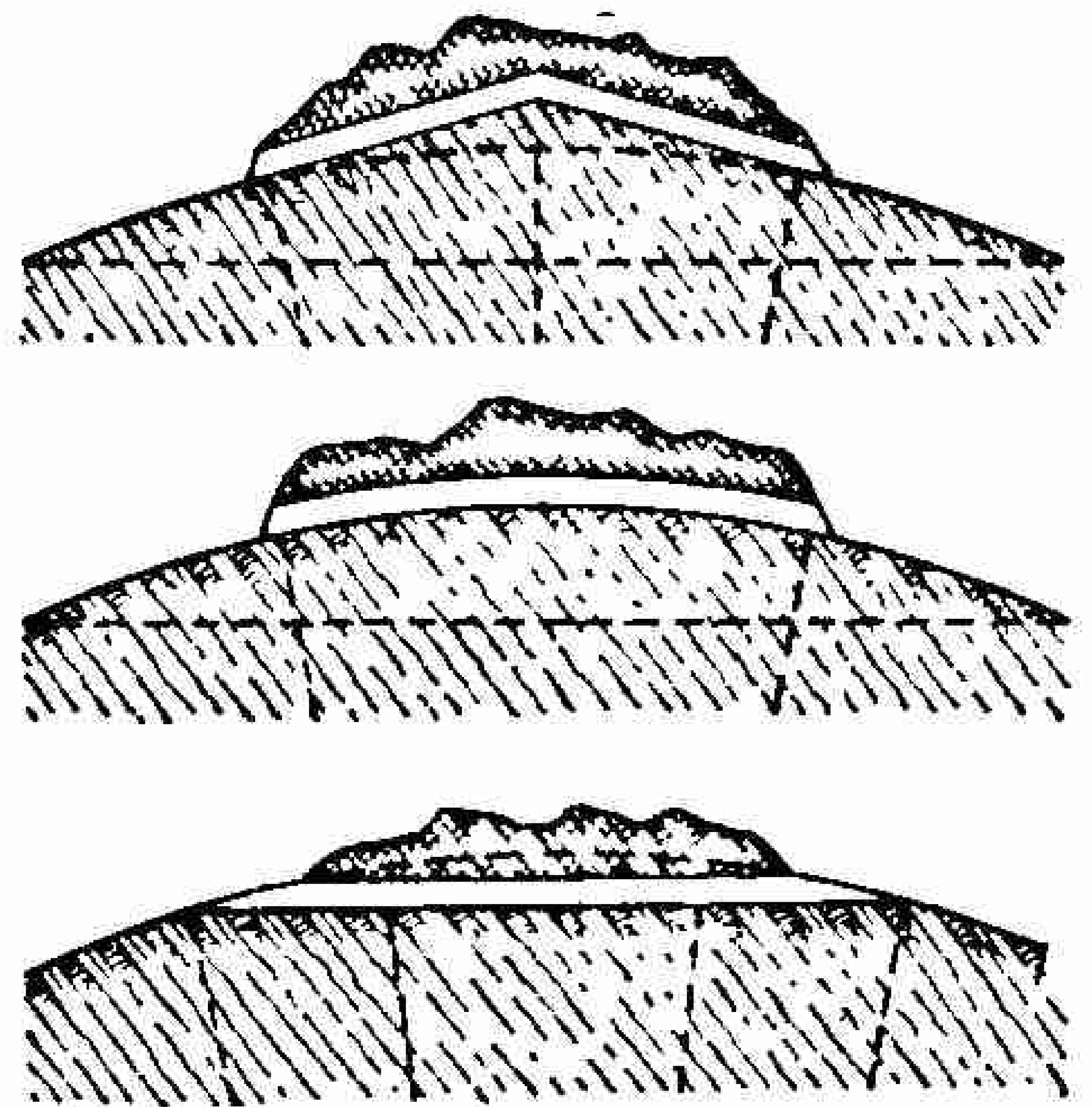
చిత్రం 45 లో సారంగాలు తవ్వడానికి మూడు పద్ధతులు చూపబడ్డాయి. ఇందులో క్షితిజసమాంతరమైనదేదో చెప్పండి చూదాం.

పైదీ కాదు, కిందిదీ కాదు, చాపరేఖలో ఉన్న మధ్యది. ఈ సారంగం మొదటినుంచీ చివరదాకా ఎక్కడ చూసినా నిట్టనిలువుకు, లేక భూమియొక్క అర్ధవ్యాసానికి, సమకోణంలో ఉంటుంది. ఇదే నిజంగా క్షితిజసమాంతరమైనది — దాని వక్రత భూతలపు వక్రత ప్రకారం ఉంది.

దీర్ఘమైన సారంగాలను చిత్రం 45 లో పైన చూపిన విధంగా, సారంగం రెండు చివరలా భూమియొక్క ఉపరితలానికి స్పర్శరేఖలుగా ఉండేలాగ, తవ్వుతారు. ఈ సారంగం మొదట ఎగువకు వెళ్లి తరువాత దిగువకు వస్తుంది. ఇందులో ఉండే సౌకర్యమేమంటే, మధ్యలో నీరు నిలువక, గురుత్వాకర్షణంవల్ల సారంగం చివరలకేసి ప్రవహిస్తుంది.

ఖచ్చితంగా మట్టంగా ఉండేలాగ తవ్విన దీర్ఘమైన సారంగం చాపరేఖలో ఉంటుంది. అందులో ఎక్కడికక్కడ నీరు సమతూకంలో ఉంటుందిగనుక వెలికి పారే ప్రయత్నం చేయదు. అలాటి సారంగం నిడివి 15 కి.మీ. కన్న ఎక్కువ దీర్ఘంగా వున్న పక్షంలో — సింప్లన్ సారంగం నిడివి 20 కి.మీటర్లు — దానికి ఒక చివర నిలబడినవాడు రెండో చివర నిలబడినవాణ్ణి చూడలేడు. దాని చివరలకన్న మధ్య భాగం 4 మీటర్లు ఎత్తుగా ఉంటుంది గనుక, ఆ మనిషికి సారంగం పైకప్పు మాత్రమే కనిపిస్తుంది.

పోతే, మనం సారంగాన్ని రెండు చివరలను కలిపే సరళ రేఖలో తవ్వినట్టయితే, అది చివరలనుంచి మధ్యకు కొద్దిగా వాలుగా దిగుతుంది. అలాటి సారంగంలోనుంచి నీరు బయటకి పారక పోవడం మాట అటుంచి, నీరంతా మధ్యకు నిమ్నతమ ప్రదేశానికి చేరుకుంటుంది. కాని ఆ సారంగం ఒక చివర నిలబడినవాడు, రెండో చివర నిలబడిన ఇంకొకడిని చూడగలుగుతాడు—ఈ సంగతి చిత్రం చూస్తే స్పష్టమవుతుంది.*



చిత్రం 45. కొండలలో సారంగాలు తవ్వడానికి మూడు పద్ధతులు.

---

* పైన వివరించిన దానిని బట్టి క్షితిజసమాంతర రేఖలన్నీ వక్రరేఖలు. సరళమైన క్షితిజసమాంతరరేఖలు ఉండజాలవు కాని నిలువు రేఖలు విధిగా సరళంగానే ఉంటాయి.

## అయిదవ అధ్యాయం

# ఫిరంగిగుండులో ప్రయాణం

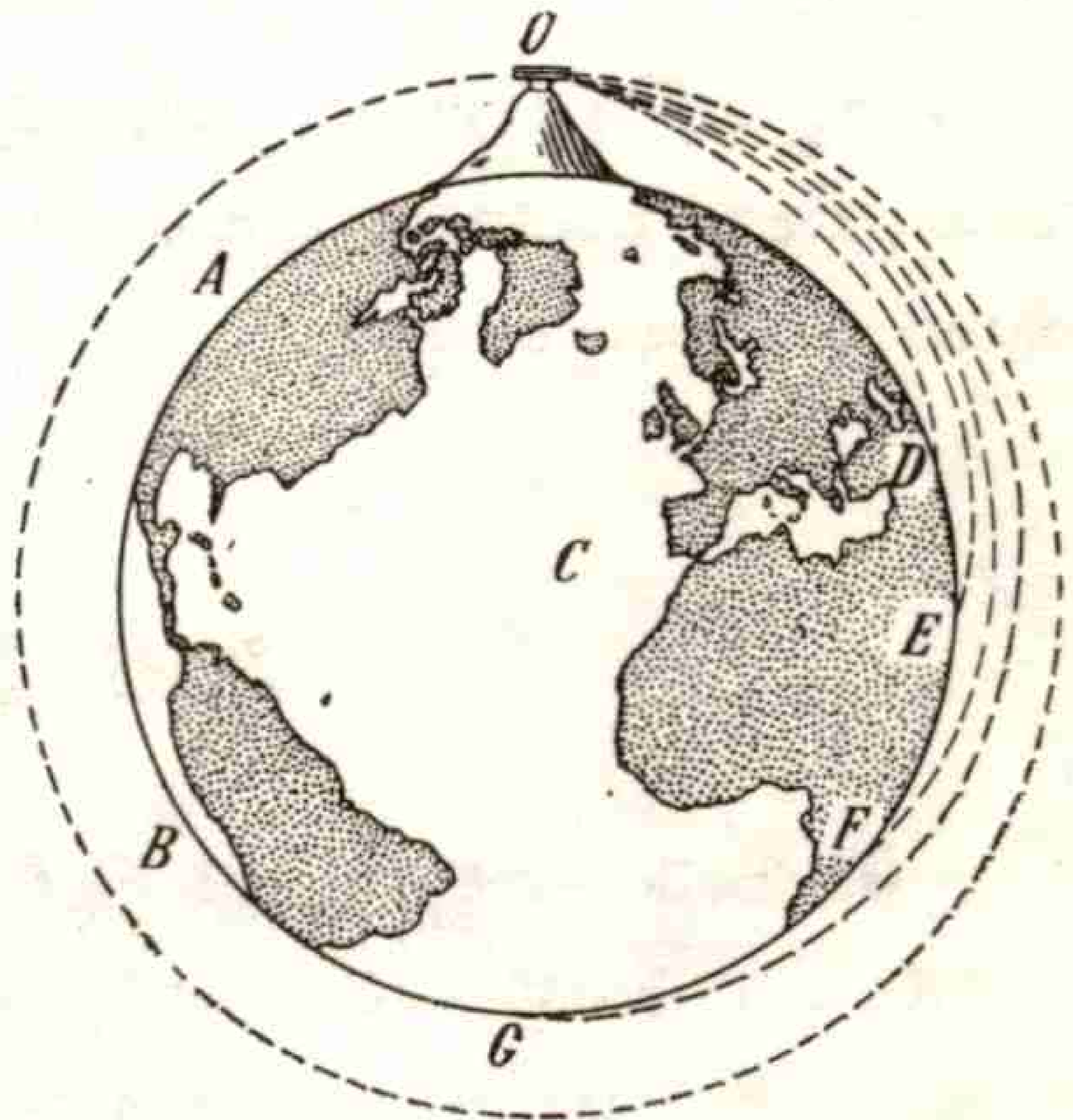
గతినియమాలను, గురుత్వాకర్షణనూ గురించిన చర్చ ముగించే ముందు, జూల్స్ వెర్న్ తన "భూమినుంచి చంద్రుడికి," "చంద్రుడి చుట్టూ" అనే నవలల్లో ఆకర్షవంతంగా వర్ణించిన విడ్డూరమైన చంద్రమండల యాత్రలను గురించి చర్చిద్దాం. మీరీ పుస్తకాలను చదివి ఉన్న పక్షంలో, ఉత్తర అమెరికా యుద్ధం ముగిసినాక బాల్టిమోర్ కేనన్‌క్లబ్ సభ్యులు పనిలేనివాళ్లై ఊసుపోకకుగాను ఒక బ్రహ్మాండమైన ఫిరంగి పోతపోయించి, ఒక ఖాళీ ఫిరంగి గుండులో మనుష్యులనుంచి ఫిరంగి ప్రేలుడుద్వారా గుండు – వాహనాన్ని చంద్రుడి కేసి పంప నిర్ణయించిన విషయం మీకు జ్ఞాపకం ఉండవచ్చు. ఇది ఎప్పటికైనా సాధ్యమా? అసలు, ఏవస్తువుకైనా భూమినుంచి తప్పించుకొని శాశ్వతంగా వెళ్లిపోయేటంత వేగం కలిగించడం మనకు సాధ్యమవుతుందా?

## న్యూటన్ పర్వతం

విశ్వగురుత్వాకర్షణ సిద్ధాంతాన్ని కనిపెట్టిన మేధావి న్యూటన్ ఏమన్నాడో విందాం. తన "ప్రిన్సిపియా"లో ఆయన ఇలా చెప్పాడు:

"మనం గాలిలోకి ఏదయినా రాయి విసిరినట్టయితే భూమ్యాకర్షణవల్ల అది సూటి మార్గంనుంచి పెడదిరిగి, వక్రమార్గంలో పోయి భూమిపైనే పడుతుంది. మనం రాయిని ఇంకా హెచ్చు వేగంతో విసిరిన పక్షంలో అది మరింత దూరం వెళ్లి పోతుంది. సందర్భాన్ని బట్టి పది, నూరు, లేక వెయ్యి మైళ్ల నిడివిగల వర్తుల రేఖలో పయనించవచ్చు. చివరకది

భూమియొక్క బంధాలనుంచి తప్పించుకొని తిరిగి భూమిని చేరకనే పోవచ్చు కూడా. చిత్రం 46 లో *AFB* భూమియొక్క ఉపరితలం అనుకుందాం *C* దాని కేంద్రం. ఎత్తైన కొండ శిఖరం మీదనుంచి ఒక వస్తువును క్షితిజసమాంతరంగా అంతకంతకు పెరిగే వేగాలతో విసరితే ఆ వస్తువు ప్రయాణించే మార్గాలను *UD, UE, UF, UG* అనే వక్ర రేఖలు సూచిస్తాయి. (వాయునిరోధం లెక్కలోకి తీసుకోవద్దు. అంటే అసలు అది లేదనుకుందాం.) వస్తువుయొక్క ఆరంభవేగం తక్కువగా ఉంటే అది *UD* వెంబడి ప్రయాణిస్తుంది. వేగం ఇంకా హెచ్చుగా ఉండే *UE* వెంబడి, మరింత హెచ్చుతే *UF*, *UG* వెంబడి ప్రయాణిస్తుంది. ఆరంభవేగం తగినంతగా ఉండే పక్షంలో వస్తువు భూమిని పూర్తిగా చుట్టి పర్వత శిఖరాన దాన్ని విసిరిన చోటికే వచ్చి చేరుతుంది. బయలుదేరిన స్థానానికి తిరిగి వచ్చినప్పుడు దాని వేగము బయలుదేరినప్పుడు ఉన్నంత వేగముకంటె తక్కువ ఉండదు కనుక ఆ వస్తువు అదే మార్గంలో తిరుగుతూ పోతుంది."




చిత్రం 46. ఎత్తైన కొండ శిఖరంమీదనుంచి రాళ్లను క్షితిజ సమాంతరంగా బలంగా విసిరితే అవి పడేపద్ధతి.

ఈ ఊహ పర్వతంపైన మనమొక ఫిరంగిని ఏర్పాటు చేసి తగినంత-వేగంతో పేల్చినట్లయితే దానినుంచి వెలువడే గుండ్లు భూమిపైన పడకుండా శాశ్వతంగా భూమిచుట్టూ ప్రదక్షిణలు చేయగలవు. ఫిరంగి గుండుయొక్క ఆరంభవేగం సెకండుకు 8 కిలోమీటర్లున్నట్టయితే ఇది సాధ్యమవుతుందని తేలికగా గుణించవచ్చు. ("నిత్యజీవితంలో భౌతికశాస్త్రం" మొదటి భాగంలో రెండవ అధ్యాయం చూడండి.) ఇంకోవిధంగా చెప్పాలంటే 8 కి.మీ/సె వేగంతో పేల్చబడిన ఫిరంగి గుండు భూతలాన్ని శాశ్వతంగా వదిలిపెట్టి మనగ్రహానికి ఉపగ్రహం అవుతుంది. ఈ వేగంతో పేల్చబడిన ఫిరంగి గుండు భూమధ్యరేఖపై ఉన్న ఏబిందువుకన్నా 17 రెట్లు హెచ్చు వేగంతో కదులుతూ ఒకగంటా 24 నిమిషాలకొక సారి భూమిని చుట్టి వస్తుంది. దాని ఆరంభవేగం ఇంకా ఎక్కువ ఉన్నట్టయితే దాని కక్ష్య వృత్తంగా ఉండక సాగదీసిన దీర్ఘవృత్తాకారం కలిగి వుంటుంది. అది భూమినుంచి చాలా దూరం వెళ్లి

వస్తూ ఉంటుంది. ఆరంభవేగం ఇంకా పెరిగి సెకండుకూ సుమారు 11 కిలోమీటర్లయినప్పుడు మన గ్రహాన్ని వదలి అది శాశ్వతంగా అంతరిక్షంలోకి వెళ్లిపోతుంది. (మనం చెప్పుకునే ఫిరంగి గుండు గమనం గాలిలో కాదని సూన్యంలోనని గుర్తుంచుకోండి.)

జూల్స్ వెర్న్ సూచించిన సాధనాలతో మనం చంద్రుడివద్దకు వెళ్లగలమేమో ఇప్పుడు చూతాం. ఆధునిక ఫిరంగులు మొదటి సెకండులో సెకండుకు 2 కిలోమీటర్లకంటె హెచ్చు వేగం ఇవ్వలేవు. చంద్రునివద్దకు ప్రయాణించడానికి కావలసిన వేగంలో ఇది అయిదోవంతు. అయితే బాల్టిమోర్ క్లబ్ సభ్యులు బ్రహ్మాండమైన ఫిరంగిని తయారుచేసి పెద్ద మొత్తంలో పేలుడు మందు వుపయోగించినట్టయితే ఫిరంగి గుండును చంద్రుడివద్దకు పంపడానికి తగినంత వేగం లభిస్తుందనుకున్నారు.

## వింత ఫిరంగి

ఆకారణంచేత బాల్టిమోర్ కేనన్‌క్లబ్ సభ్యులు పావు కిలోమీటరు నిడివిగల బ్రహ్మాండమైన ఫిరంగిని పోతపోసి దాన్ని భూమిలో నిటారుగా నిలబెట్టారు. దానికి తగినట్టుగా 8 టన్నుల బరువుగల ఫిరంగి గుండును తయారుచేసి అందులో ప్రయాణీకుల గది ఏర్పాటు చేశారు. పేల్చడానికి 160 టన్నుల పైరాక్సిలిన్ – ''నైట్రోకాటన్'' దట్టించారు. యీ ఫిరంగిని పేల్చగా, జూల్స్ వెర్న్ కథనం నమ్మినట్టయితే ఫిరంగి గుండుకు సెకండుకు 16 కిలోమీటర్ల ఆరంభవేగం లభించింది; గాని గాలి నిరోధంవల్ల అది 11 కిలోమీటర్లకు తరిగి పోయింది – భూమియొక్క వాతావరణాన్ని అధిగమించినాక జూల్స్ వెర్న్‌గారి ఫిరంగి గుండు చంద్రుణ్ణి చేరుకొనడానికా వేగం చాలుతుంది.

నవలలో ఆ విధంగా వర్ణించబడింది. దీన్నిగురించి భౌతికశాస్త్రం ఏమంటుందో చూదాం.

జూల్స్ వెర్న్ పథకంలో పెద్ద ''తొర్ర'' వున్నది. అయితే అది పాఠకులు సామాన్యంగా అనుమానించేది కాదు. మొదటి సంగతి – తుపాకిమందు ఫిరంగుల గుండ్లకు సెకండుకు 3 కిలోమీటర్లకు మించిన వేగం రాదని ప్రత్యక్షంగా నిరూపించవచ్చు.

అది అలా వుంచి, జూల్స్ వెర్న్ వాయునిరోధాన్ని విస్మరించాడు. బ్రహ్మాండమైన వేగం వుండే ఇలాటి సందర్భాలలో అది చాలా జాస్తిగా వుంటుంది. అది ఫిరంగి గుండు యానాన్ని పూర్తిగా మార్చివేస్తుంది. అయితే యిదంతాకాక ఫిరంగి గుండులో చంద్రుడివద్దకు వెళ్ల డానికి ఇంతకన్న కూడా ముఖ్యమయిన అభ్యంతరాలున్నవి.

అసలు ప్రతిబంధకం ప్రయాణీకులకు పట్టే గతి. భూమినుంచి చంద్రునివద్దకు ప్రయాణమే ప్రమాదకరమనుకో వద్దు. ప్రయాణీకులు పేలుడు జరిగి ఫిరంగి గొట్టంనుంచి బయటపడే వరకు బతికి ఉంటే ఆ పైన ప్రయాణంలో వారికి మరే భయమూ వుండదు. వారు ఆకాశంలో వారి వాహనంతో సహా ప్రయాణించే అద్భుతవేగం, అంతకన్న హెచ్చు వేగంతో సూర్యుడి చుట్టూ తిరిగే భూమిపైన వుండే మనకు ఆ వేగం అపాయకరం ఎలా కాదో అలాగే వారికి అపాయకరం కాదు.

# బరువైన టోపీ

మన ప్రయాణీకులకు గది అయిన ఫిరంగి గుండు ఫిరంగి రంధ్రంగుండా బయటికి వచ్చేందుకు పట్టే సెకందులో కొద్ది శతాంశాల కాలం వారికి అతిప్రమాదకరమైన సమయం. ఎందుచేతనంటే అతిస్వల్పం మహా స్వల్పం అయిన ఈ కాలంలో ఫిరంగిలో ప్రయాణీకులు పయనించే వేగం సున్నానుంచి సెకందుకు 16 కిలోమీటర్లకు పెరుగుతుంది. నవలలో ప్రయాణీకులు భయంతో వణుకుతూ పేలుదుని ఎదురుచూశారంటే అది ఊరకనేకాదు. ఫిరంగి గుండు ఎగరబోయే క్షణంలో, లోపల వుండే ప్రయాణీకులకు ఫిరంగి ఎదురుగా ఉంటే ఎంత ప్రమాదమో అంత ప్రమాదము వుంటుందని బార్బికేన్ అనే పాత్ర అన్న మాటలు పూర్తిగా నిజము. నిజానికి ఫిరంగి పేలినప్పుడు ప్రయాణీకులుండే అరయొక్క దిగువ భాగం ప్రయాణీకులకు కిందనుంచి కలిగించే ఘాతం ఫిరంగి గుండు తన దారికి అడ్డంగా వుండే దానికి కలిగించే ఘాతమంత ఉధృతంగా ఉంటుంది. నవలలోని కథానాయకులు యీ ప్రమాదాన్ని మరీ అలక్ష్యం చేసి, తలకు రక్తపు పోటు రావడం తప్ప వేరే ప్రమాదం ఏమీ లేకుండా బయలుదేరి పోతామనుకున్నారు....

వాస్తవానికి ప్రమాదం అంతకంటే చాలా హెచ్చు. ఫిరంగి రంధ్రం గుండా ఫిరంగి గుండు వేగవృద్ధితో కదులుతుంది: పేలుడు వాయువుల స్థిరపీడనంవల్ల వేగవృద్ధి కలుగుతుంది. సెకందులోని అతిస్వల్ప భాగంలో యీ వేగం 0 నుంచి 16 కి.మీ/సె వరకు పెరుగుతుంది. గణన సౌలభ్యం కోసం వేగవృద్ధి సమవేగం కలిగి వుంటుందనుకుందాం. అటువంటి సందర్భంలో అంత మహా స్వల్పమైన కాలంలో గుండు వేగాన్ని 16 కి.మీ/సె వరకూ తెప్పించడానికి వేగవృద్ధి సుమారు 600 కి.మీ/సె$^2$ వుంటుంది. (దీని గుణకారం తరువాత చేదాము.)

ఉపరితల గురుత్వాకర్షణవల్ల కలిగే వేగవృద్ధి 10 మీ/సె$^2$ మాత్రమేనని చెబితే చాలు, యీ సంఖ్య ఎంత ప్రమాదకరమయినది మీరే ఊహించ కలుగుతారు.* కనుక తేలేదేమంటే ఫిరంగి పేలేక్షణంలో ప్రయాణీకుల అరలో వుండే ప్రతి వస్తువు తన బరువుకు అరవై వేల రెట్లు హెచ్చు పీడనం కలిగిస్తుంది. అంటే ప్రయాణీకులు తమ బరువు అనేక డజన్ల వేల రెట్లు అధికమైనట్టు ఫీలవుతారు! అంత బ్రహ్మాండమైన బరువుకు వారు ఒక క్షణంలో "అప్పచ్చి" అయిపోగలరు. మిస్టరు బార్బికేన్ నెత్తిమీది టోపీ ఒక్కటే, ఫిరంగి పేలే క్షణంలో – కనీసం 15 టన్నుల బరువుంటుంది. – మనిషిని "పచ్చడి" చెయ్యడానికి అదే చాలు.

యీ అదటును తగ్గించడానికి తీసుకున్న అనేక చర్యలను జూల్స్ వెర్న్ వర్ణిస్తారు, నిజమే. ఫిరంగి గుండుకు స్ప్రింగు రక్షలు అమర్చారు. దానికి రెండు "నేలలు" అమర్చి వాటి మధ్య నీరు నింపారు. ఇలా చెయ్యటంచేత అదటు నింపాదిగా కలిగి, వేగవృద్ధి వేగం కొంచెం తగ్గుతుంది. కాని యీ సందర్భంలో వుత్పత్తి అయ్యే బలాలు అపారమైనవి గనుక యీ సౌకర్యాలవల్ల కలిగే లాభం అత్యల్పం. ప్రయాణీకులు నేలకు నొక్కుకు పోయే బలంలో బహు కొద్ది భాగం తరుగుతుంది. టోపీ బరువు పచ్చడయేందుకు 15 టన్నులయితేనేం, 14 టన్నులయితేనేం?

## అదుటు తగ్గించే మార్గం

వేగం ప్రమాదకరంగా వృద్ధి కాకుండా చూడడం ఎలాగో మెకానిక్సునుంచి మనం తెలుసుకోవచ్చు.

ఫిరంగి గొట్టపు నిడివి అనేక రెట్లు పెంచితే అది సాధించవచ్చు.

పేలుడు క్షణంలో ఫిరంగి గుండులోని "కృత్రిమ గురుత్వాకర్షణ" భూమియొక్క మామూలు ఆకర్షణ బలానికి సమంగా వుంచాలంటే ఫిరంగి నిడివిని అత్యధికంగా పెంచాలి. ఉజ్జాయింపుగా అంచనా వేసినట్టయితే ఫిరంగి నిడివి కనీసం 6,000 కి. మీటర్లు వుండాలి! ఇంకోవిధంగా చెప్పాలంటే జూల్స్ వెర్న్‌యొక్క "కొలంబియాడ్" (ఫిరంగి) భూగోళంలోకి

---

* రేసులో పాల్గొనే మోటారు కారుకు బయలుదేరిన క్షణం వుండే వేగవృద్ధి ప్రతి సెకండుకు రెండు – మూడు మీటర్లు సెకండుకు మాత్రమే వుంటుందని, స్టేషనులో నుంచి బయలుదేరే రైలుయొక్క వేగవృద్ధి ప్రతి సెకండుకు ఒక్క మీటరు సెకండుకు మాత్రమే వుంటుందని కూడా స్పష్టం చెయ్యనివ్వండి.

చొచ్చుకు పోవాలి అంటే భూమియొక్క కేంద్రందాకా.... అలా అయితేనే ప్రయాణీకులకు ఏ అసౌకర్యం కలగకుండా వుంటుంది: తాపీగా పెరిగే వేగవృద్ధివల్ల కలిగే అదనపు భారం వారి అసలు బరువుకు సమంగా వుంటుంది కనుక వారికి తమ బరువు రెట్టింపు అయినట్లు మాత్రమే తోస్తుంది.

అన్నట్టు, కొద్ది సేపు పాటు మానవ శరీరం తన బరువుకు కొన్ని రెట్ల బరువును నిరపాయంగా సహించ గలదు. మంచుకొండ మీదనుంచి జారినప్పుడు చప్పున మలుపు తిరుగగానే మన బరువు పెరగడం స్పష్టంగా తెలుస్తుంది; మామూలుకంటె ఎక్కువగా మన శరీరం స్లెడ్జికి నొక్కుకుంటుంది. మన బరువు మూడింతలు పెరిగినా నిరపాయంగా భరించగలం. కొద్ది సేపు పాటు పదింతల బరువు పెరుగుదల ఏ అపాయం లేకుండ సహించగలమని అనుకుంటే,* 600 కి. మీటర్ల నిడివి "మాత్రమే" గల ఫిరంగిని పోత పోస్తే చాలు — ఈ విషయం సంతోషమేం ఇవ్వదు. యెందుచేతనంటే అంత ఫిరంగిని పోత పొయ్యటం సంకేతికంగా అసాధ్యం.

యీ షరతులన్నీ ఒనగూడినప్పుడే ఫిరంగి గుండులో చంద్రునికెగరడం అనే జూల్స్ వెర్న్‌యొక్క ఆకర్షణీయమైన పథకం అమలు జరుగుతుంది.**

## గణితంలో ఆసక్తికలవారికి

ఎగువ యిచ్చిన వివరాలను మీలో కొందరయినా తప్పక పరిశీలించ గోరుతారు. ఇదిగో ఆ లెక్క — నిజానికిది ఉజ్జాయింపు లెక్కే, ఎందుచేతనంటే, ఫిరంగి గొట్టం వెంబడి గుండు ఒకే వేగవృద్ధితో కదులుతుందన్న అంచనాపై వేసిన లెక్క ఇది. (వాస్తవానికి వేగవృద్ధి ఒకే ప్రమాణంలో వుండదు.)

---

* అంతరిక్ష నౌక ఎగిరే క్షణంలో అటువంటి బరువు పెరుగుదలను అంతరిక్ష చోదకులు అనుభవిస్తారు. — సం.

** ఎగిరే ఫిరంగి గుండు లోపలి పరిస్థితులను వర్ణించడంలో జూల్స్ వెర్న్ ఒక అతి ముఖ్యమైన అంశాన్ని మరచిపోయాడు, దాన్ని గురించి "నిత్యజీవితంలో భౌతికశాస్త్రం" మొదటి పుస్తకంలో ప్రస్తావించాం. పేలుడు తర్వాత భూమినుంచి చంద్రునికి ఎగిరే అంత సేపూ ఫిరంగి గుండులో వస్తువులన్నీ భారరహిత స్థితిలో ఉంటాయని మరచాడు. గురుత్వాకర్షణ వేగవృద్ధి ఫిరంగి గుండుపైన అందులోని ప్రతి వస్తువుపైన ఒకే విధంగా వుంటుంది. ముందు రాబోయే "జూల్స్ వెర్న్ వ్రాయని ప్రకరణం" చూడండి.

గణనకోసం ఈ దిగువ వేయబడిన సమమైన వేగవృద్ధిగల గమనపు సూత్రాలను రెంటిని ఉపయోగించవలసి ఉంటుంది:

$t$ సెకండ్ల అనంతరం వేగం $v$ (వేగవృద్ధి $a$ అనుకున్నట్లయితే) $at$ అవుతుంది. అనగా $v=at$

$t$ సెకండ్లలో అధిగమించబడిన దూరం $S$ ని

$$S=\frac{at^2}{2}$$

అనే సూత్రం నిర్ణయిస్తుంది.

ఇప్పుడు "కొలంబియాడ్" (జూల్స్ వెర్న్ ఫిరంగి)లో కదిలేటప్పుడు ఫిరంగి గుండు పొందే వేగవృద్ధిని గుణించుదాం.

ఫిరంగిలో మందుగుండ దట్టింపబడని భాగపు నిడివి నవలలో ఇవ్వబడింది. అది 210 మీటర్లు. అంటే, అది గుండు గొట్టంలో కదిలే దూరం $S$. గుండుయొక్క చరమ వేగం కూడా మనకు తెలుసు $v=16,000$ మీ/సె. $S$, $v$ తెలిసిన తర్వాత గుండు ఫిరంగిలో ప్రయాణించే కాలం $t$ ని మనం గుణించ వచ్చు — వేగవృద్ధి సమంగా వున్నదనే మనం భావిస్తున్నాం కనుక

$$v=at=16,000; 210=S=\frac{at\times t}{2}=\frac{16,000\times t}{2}=8,000t$$

కనుక $$t=\frac{210}{8,000}\approx{}^1/_{40} \text{ సెకండు.}$$

అందుచేత గుండు ఫిరంగి గొట్టం వెంబడి $^1/_{40}$ సెకండు మాత్రమే ప్రయాణిస్తుంది. $v=at$ అన్న సూత్రంలో $t$ స్థానంలో $^1/_{40}$ సెకండు వుంచినట్టయితే

$16,000={}^1/_{40}a$ కనుక $a=640,000$ మీ/సె$^2$.

దీనిని బట్టి ఫిరంగిలో గుండు పొందే వేగవృద్ధి 640,000 మీ/సె$^2$ లేక గురుత్వాకర్షణవల్ల కలిగే వేగవృద్ధికి 64,000 రెట్లు. వేగవృద్ధి గురుత్వాకర్షణవల్ల కలిగేదానికి 10 రెట్లు మాత్రమే వుండాలంటే ఫిరంగి నిడివి ఎంత వుండాలి (అంటే 100 మీ/సె$^2$ అవాలంటే)?

ఇది తెలుసుకోవాలంటే మనం పైన చేసిన గుణకారాన్ని తలకిందులుగా చెయ్యాలి. దత్తాంశాలు: $a=100$ మీ/సె$^2$ $v=11,000$ మీ/సె (వాయు నిరోధం లేని పక్షంలో యీ వేగం చాలును.)

$v=at$ అనేదాన్ని బట్టి $11,000=100t$ — అంటే $t=110$ సె.

$$S=\frac{at^2}{2}=\frac{at\times t}{2}$$ అన్న దానిని బట్టి ఫిరంగి నిడివి

$$\frac{11,000\times 110}{2}=605,000$$ మీటర్లు, లేక 605 కిలోమీటర్లు.

జూల్స్ వెర్న్‌యొక్క కథానాయకుల ముచ్చటయిన పథకాన్ని ముక్కచెక్కలు చేసే లెక్కలు యీ విధంగా మనం కట్టగలుగుతాం.*

---

*యీ అధ్యాయంలోని ప్రతి అంశం లెక్కలతో సహా అక్షరాలా నిజం. చంద్రుడి వద్దకు, గ్రహాలకు మానవులు ప్రయాణించే సమస్యను రాకెట్లు పరిష్కరిస్తాయి. యీ కార్యక్రమాలను పాఠకుడు త్వరలోనే చూడవచ్చు, అంతేకాక వాటిలో పాల్గొనినా పాల్గొన వచ్చు. — సం.

## ఆరవ అధ్యాయం

# ద్రవాల, వాయువుల గుణాలు

## మనిషి మునగని సముద్రం

అతి ప్రాచీన చరిత్రగల దేశంలో అలాటి సముద్రం ఒకటి వున్నది. అదే ప్రసిద్ధిచెందిన పాలస్తీనాలోని ''మృతసముద్రం'' దాని నీరు ఎంత వుప్పగా వుంటుందంటే అందులో ఏ ప్రాణీ జీవించలేదు. పాలస్తీనాలో ఎండలు జాస్తీకావడంవల్ల, వానలు కురవక, సముద్రం పై భాగం నుంచి నీరు యిగిరిపోతూ వుంటుంది. యిగిరి పోయేది ఉత్త నీరే. దానిలో కరిగిఉన్న లవణాలు సముద్రంలోనే ఉండి పోయి నీటియొక్క ఉప్పతనాన్ని అధికం చేస్తాయి. కనుకనే, ఇతర సముద్రజలాలలో లాగ రెండు మూడు శాతాలుండడానికి మారుగా మృత సముద్రపు జలం బరువులో లవణపు బరువు 27 శాతము, యింకా ఎక్కువ కూడా వుంటుంది — లోతుకు పోయిన కొద్దీ వుప్పు పాలు హెచ్చు. ఆ విధంగా మృతసముద్రంలో ఉన్న మొత్తంలో నాలుగో వంతు అందులో కరిగిన లవణాలే. అందులో నాలుగు కోట్ల టన్నుల లవణాలు వున్నట్టు అంచనా వేశారు.

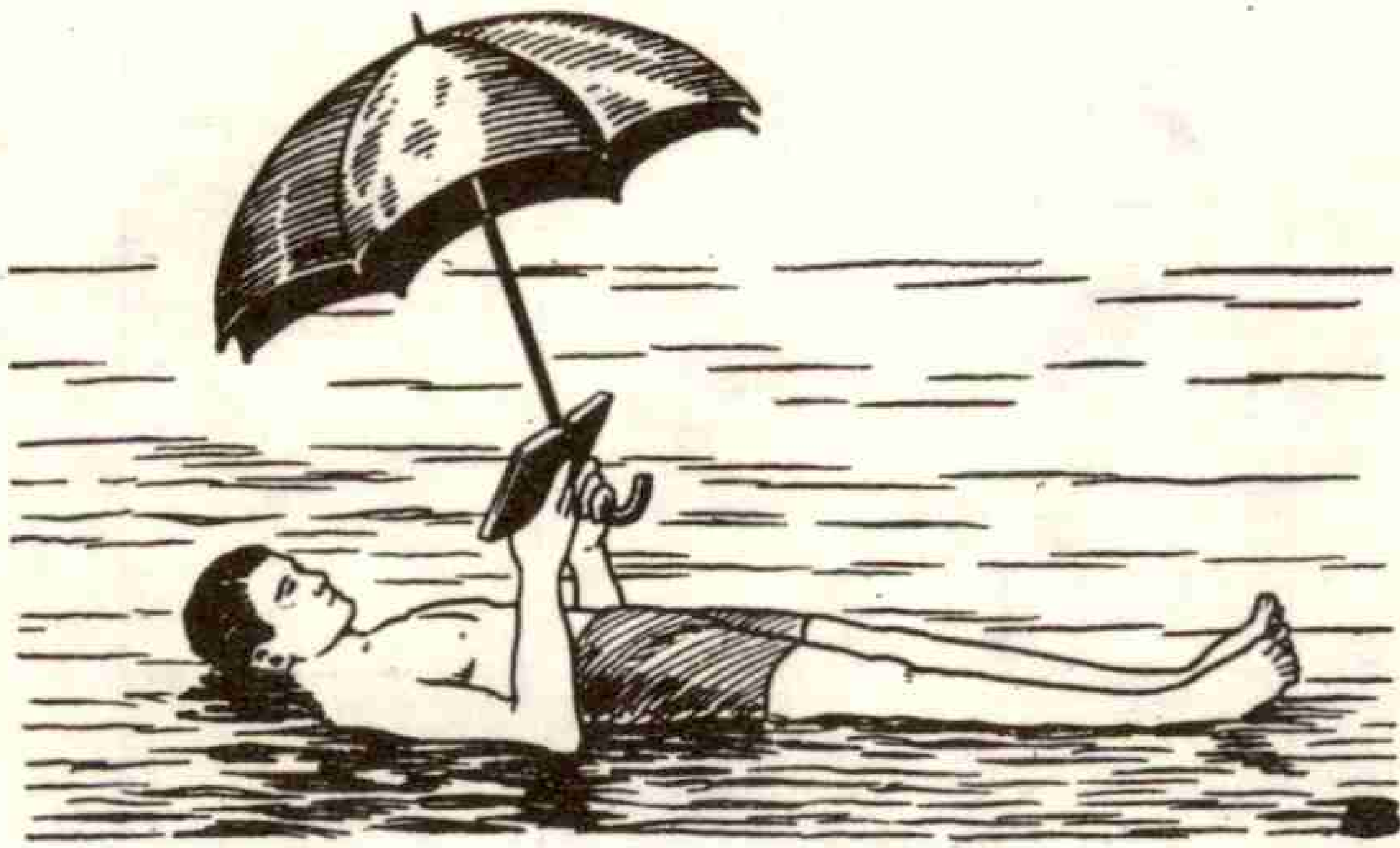
ఇంత ఉప్పగా వున్న కారణంచేత మృతసముద్రం ఒక ప్రత్యేకతను కలిగి ఉంది. దాని నీరు మామూలు సముద్రపు నీటికన్న చాలా హెచ్చు బరువు. అంత బరువైన ద్రవంలో మునిగిపోవడం అసాధ్యం: మనిషి శరీరం దానికంటె తేలిక.

మన శరీరపు ఘన పరిమాణంగల చిక్కటి ఉప్పు నీటి బరువు మన బరువుకన్న హెచ్చు బరువు వుంటుంది. అందువల్ల, ఉత్ప్లవన నియమాన్ని బట్టి మనం మృత సముద్రంలో మునిగి

పోవటం అసంభవం; ఉప్పునీటిలో వేసిన కోడిగుడ్డులాగ మనం పైకి తేలిపోతాం (మంచి నీటిలో గుడ్డు మునుగుతుంది.)

ప్రసిద్ధ అమెరికన్ హాస్య రచయిత మార్క్ ట్వేన్ మృత సముద్రం చూడ వెళ్లాడు. తాను, తన అనుచరులు ఆ సముద్రపు భారవంతమైన జలాలలో స్నానం చేసినప్పుడు కలిగిన వింత అనుభూతులను ఆయన ఒక గ్రంథంలో హాస్య ధోరణిలో చిత్రించాడు.

"అది తమాషా స్నానం. మునగడం మాకు సాధ్యంకాలేదు. మనిషి రొమ్ముమీద చేతులు కట్టుకుని శరీరమంతా పరచుకొని వెల్లకిలా పడుకోవచ్చు. అలా పడుకున్నప్పుడు శరీరంలో చాలా భాగం నీటిపైన తేలి ఉంటుంది, కావలిస్తే తల పూర్తిగా పైకెత్తవచ్చు.... తల, కాళ్ల పైకెత్తి వెల్లకిలా పడుకోవచ్చు.... కాళ్లు గడ్డానికి తగిలేటట్టు ముడుచుకొని



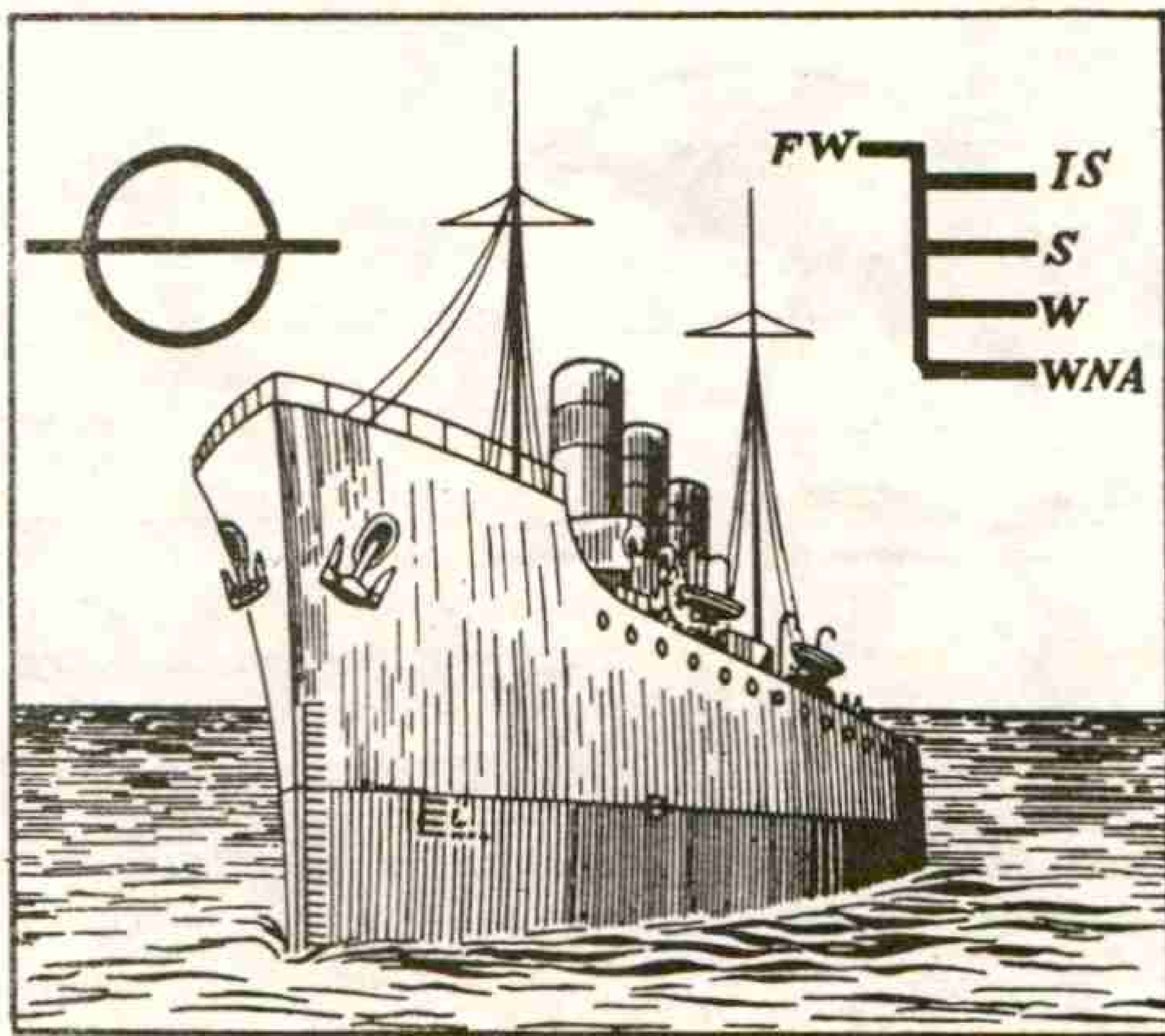
చిత్రం 47. డెడ్ సీలో ఈదటం (ఫోటో ఆధారంగా).

వాటిని చేతులతో వాటేసుకొని కూర్చోవచ్చు. కాని అలా ఎంత సేపో వుండటం సాధ్యంకాదు. ఎగువ బరువు జాస్తీ అయి పక్కకు వరిగిపోతాం. మునిగే లోతుండే నీటిలో నిటారుగా నిల బడవచ్చు; రొమ్ము మధ్యభాగానికి ఎగువన ఉండే శరీరం తడవదు. అయితే ఇలా వుండిపోవడం సాధ్యంకాదు. నీరు పాదాలను పైకి నెట్టేస్తుంది. వెల్లకిలా పడుకొని ఈదడం చాలా కష్టం. నీరు కాళ్లను పైకి తోస్తుంది. మడమలతో ఈదాలి. బోర్లాపడుకొని ఈదుతే చక్రాలపడవ లాగ నీటిని ఎగదోసి, ముందుకు సాగలేరు. గుర్రం, పైబరువు జాస్తీ కావడంచేత మృత సముద్రంలో ఈదలేదు; నిలబడలేదు, వెంటనే పక్కకు వరిగిపోతుంది."

మృతసముద్రంపైన సుఖంగా కాలయాపనచేసే పద్ధతి చిత్రం 47 లో చూప బడింది. నీటి సాంద్రత చాలా హెచ్చు కావడంవల్ల ఆ పోజులో పడుకొని ఆ బొమ్మలోని వ్యక్తి ఎండపడకుండా గొడుగు పట్టుకొని, పుస్తకం చదువగలడు.

కాస్పియన్‌లోని కారా-బొగాజ్-గోల్ అనే కాస్పియను సముద్రపు అఖాతంయొక్క నీరు, ఎల్టన్ సరస్సులోని నీరు (లవణాల శాతం 27) – ఇలాటి అసాధారణ గుణాన్నే ప్రదర్శిస్తాయి.*

ఉప్పునీటి స్నానాల చికిత్సపొందే అస్వస్థులకు ఇలాటి అనుభవమే కలుగుతుంది. స్తారయ రూస్స అనే ఖనిజ జలపు మడుగులోని నీరులాగ ఉప్పతనం మరీ ఎక్కువగా ఉన్న నీటిలో మునిగి ఉండడానికి అస్వస్థుడు చాలా శ్రమపడాలి. స్తారయ రూస్సలో చికిత్సపొందుతూన్న ఒక అస్వస్థురాలు తనను స్నానజలం వెలికి తోసివేస్తున్నదని చిరాకు పడి ఫిర్యాదు చేసిందట, అందుకు నిర్వాహకులే బాధ్యులని ఆమె భావించినట్టు నేను విన్నాను.




చిత్రం 48. నౌక నీటి మట్టంమీద బరువుల గుర్తులు. ఎగువ, కుడి – గుర్తులు పెద్దవిగా చూపబడ్డాయి అక్షరాల వివరణ మూలంలో ఉంది.

వేరువేరు సముద్రాలలో ఉండే ఉప్పపాలు వేరువేరుగా ఉంటుంది. అందుచేత నౌకలు అంతటా ఒకే లోతుకు దిగి ఉండవు. మీలో కొందరు "లాయిడ్ మార్క్" అనేదాన్ని నౌకల "పొట్ట" పైన చూసి ఉండవచ్చు. ఎంతెంత ఉప్పపాలుగల సముద్రంలో నౌక ఎంత లోతుకు

* కారా-బొగాజ్-గోల్ నీటి విశిష్టగురుత్వము 1.18. దీన్ని గురించి పెల్ష్ అనే ప్రపంచాన్వేషి, "ఈ చిక్కని నీటిలో సునాయాసంగా ఈదవచ్చు. ఆర్కిమిడీస్ సూత్రాన్ని అబద్ధం చేస్తే కాని మునగడం సాధ్యం అయేపని కాదు" – అన్నాడు.

దిగబడేదీ ఈ గుర్తు సూచిస్తుంది. ఉదాహరణకు, చిత్రం 48 లో చూపిన గుర్తు ఇలా సూచిస్తుంది:

FW మంచినీటిలో (Fresh Water)
IS హిందూ మహా సముద్రంలో వేసవిలో (India Summer)
S వేసవికాలంలో ఉప్పు నీటిలో (Summer)
W చలికాలంలో ఉప్పు నీటిలో (Winter)
WNA చలికాలంలో ఉత్తర అట్లాంటిక్‌లో (Winter North Atlantic)

ముగించేముందు మరొక్క విషయం చెప్పాలి: ఏమీ కలవక పోయినప్పటికీ మామూలు నీటికన్నా బరువుగానుండే నీరున్నది. దాని విశిష్ట గురుత్వము 1.1, అంటే మామూలు నీటి బరువుకన్న 10% హెచ్చు. క్రీడా సరస్సును ఈ నీటితో నింపితే ఈదరానివాడు కూడా అందులో మునగడు. దీన్ని "భారజలము" (heavy water) అంటారు. $D_2O$ అన్నది దాని రసాయనిక సంకేతం (దీని తాలూకు హైడ్రోజన్ పరమాణువులు మామూలు వాటికన్నా రెట్టింపు బరువు ఉంటాయి. దాని సంకేతం $D$). మామూలు నీటిలో కూడా అతి కొద్ది ప్రమాణంలో "భారజలం" ఉంటుంది – తొట్టెడు మంచి నీటిలో సుమారు ఎనిమిది గ్రాములుంటుంది.

"భారజలంలో" 17 రకాలుండే అవకాశం ఉంది; వాటిలో $D_2O$ రకం ఈనాడు సుద్దముగా లభిస్తున్నది. అందులో మామూలు జలం 0.05 శాతము మాత్రమే ఉంటుంది. న్యూక్లియర్ టెక్నాలజీలో ప్రత్యేకించి ఎటామిక్ రియాక్టర్లలో "భారజలం" ఉపయోగిస్తారు. దీనిని పారిశ్రామికంగా, పెద్ద మొత్తాలలో మామూలు నీటినుంచే తయారు చేస్తారు.

# హిమవిధ్వంసి (ఐస్ బ్రేకర్) పని చేసే విధం

తొట్టెలో స్నానం చేసేటప్పుడొక ప్రయోగం చేసి చూడండి: తొట్టెలో బోర్లా పడుకొని, బిరడాలాగేసి నీరు వదిలెయ్యండి. నీరు తగ్గిపోయి మీ శరీరం బయటపడినకొద్దీ శరీరం బరువు హెచ్చిపోతున్నదనిపిస్తుంది. నీటిలో మునిగినప్పుడు పోయిన బరువు (తొట్టె నిండా నీరున్నప్పుడు మీ శరీరం ఎంతతేలికనిపించిందో జ్ఞాపకం చేసుకోండి). శరీరం నీటివెలుపలికి రాగానే

తిరిగివస్తుందన్న విషయం ప్రత్యక్షంగా తెలుసుకోగలుగుతారు. తనకు తెలికనే ఇటువంటి ప్రయోగం చేసిన తిమింగలానికి (పోటు నీటితోపాటు లోతులేని చోట వచ్చి పడ్డప్పుడు) అపాయకరమైన పరిణామాలుంటాయి: తన విపరీతమైన బరువుకు అది అణగారి చచ్చిపోతుంది. తిమింగలాలు నీటిలో మాత్రమే జీవించ గలవంటే అర్థం లేకపోలేదు. గురుత్వాకర్షణయొక్క దారుణ ఫలితాలనుంచి వాటిని నీటియొక్క ఉత్ప్లవన శక్తి కాపాడుతుంది.

ఈ విషయాలకూ, హిమవిధ్వంసికీ సంబంధమేమిటా అని మీరాశ్చర్యపడవచ్చు. హిమవిధ్వంసి చేసే పని ఈ భౌతిక సూత్రం పైనే ఆధారపడి ఉన్నది. నీటిలోనుంచి పైకి లేచే నౌక భాగం తన "అసలు" బరువును సంపాదించుకుంటుంది. ఎందుచేతనంటే నీటి ఉత్ప్లవనం దానిమీద ఇప్పుడు లేదు. హిమవిధ్వంసి కేవలమూ విడవని పీడన శక్తితో మంచును తన ముందరి భాగంతో కోస్తుందనుకోవద్దు. అలా పని చేసేది "హిమవిధ్వంసి" కాదు, "హిమచ్ఛేది"; ఈ పద్ధతి మంచు మందం తక్కువగా ఉంటేనే పని చేస్తుంది.

నిజమైన హిమవిధ్వంసనౌకలు – వాటి కాలంలో పేరుపొందిన "క్రాసిన్", "యెర్మాక్", అనేవీ, అణుశక్తితో నడిచే "లెనిన్" అనబడేదీ పనిచేసే విధం ఇంకొకటి. వాటి ముందుభాగాలు నీటి దిగువన చాలా ఏటవాలుగా ఉంటాయి. నీటిలోనుంచి వెలికి వచ్చి నౌక ముందుభాగం తన పూర్తిబరువును తిరిగి పొందుతంది. ఈ అతీతమైన బరువువల్ల ("యెర్మాక్" విషయంలో ఇది 800 టన్నులు) మంచు పగిలిపోతుంది. ఒత్తిడి హెచ్చుకావడానికి హిమవిధ్వంసి ముందుభాగంలో ఉండే టేంకులలోకి పంపులద్వారా నీరు చేర్చుతారు.

మంచు మరీ మందంగా లేనప్పుడే ఈ పద్ధతి అవలంబిస్తారు. చాలా మందంగా వుండే మంచును పగలగొట్టడానికి గట్టిన పద్ధతి అవలంబిస్తారు. హిమవిధ్వంసి వెనకకు వెళ్లి అతి వేగంగా తన పూర్తి ద్రవ్యరాశితో మంచులోకి గుద్దుకుంటుంది. యిప్పుడు ప్రయోగించబడేది నౌక బరువుకాదు; కదిలే దాని గతిశక్తి. నౌక అక్షరాలా యుద్ధాలలో వాడే ఫిరంగి గుండు లాగ పనిచేస్తుంది. కాని కొద్ది వేగం కలది. అయితేనేం బ్రహ్మాండమైన ద్రవ్యరాశి. (కోట గోడలను పడగొట్టేందుకు వాడబడిన దూలంలాగ). అనేక మీటర్ల ఎత్తున గోడలాగ ఉండే మంచుకూడా బలమైన నౌక ముందుభాగం అనేక సార్లు ఢీకొట్టిన ఫలితంగా చితికి పోతుంది.

1932 లో "సిబిర్యకోవ్" అనే నౌక మంచును ఎలా పగలగొట్టినది ఎన్. మార్కోవ్ అనే నావికుడు – ధ్రువప్రాంతాన్వేషి – ఇలా వర్ణించాడు:

"విస్తృతమైన మంచు క్షేత్రములో అనేక వందల మంచు గుట్టలమధ్య "సిబిర్యకోవ్" తన పని మొదలుపెట్టింది. 52 గంటలపాటు ఇంజను టెలిగ్రాఫ్‌యొక్క ముల్లు "పూర్తి వేగంతో ముందుకు," "పూర్తి వేగంతో వెనక్కు" ఆడుతూనే ఉన్నది. నౌక ముందుకు

వెళ్లి మంచును ఢీకొని, దాన్ని చితకకొట్టి, వెనక్కు వెళ్లి మళ్లీ ముందుకుదూకేది. ముప్పావు మీటరు మందం ఉన్న మంచు ఒకంతట కాని పగలలేదు. ప్రతి దెబ్బకు నౌక తన నిడివిలో మూడవ వంతు ముందుకు వెళ్లింది.''

ప్రస్తుతం సోవియట్ యూనియన్‌లో పెద్ద శక్తివంతమైన హిమ విధ్వంసి నౌకలు ఉన్నాయి. ''లెనిన్'' పేరు పెట్టిన మొదటి ఎటామిక్ హిమ విధ్వంసి నౌక రెండు మీటర్ల దళసరిగల మంచుగుండా వెళ్లగలదు. ఎటామిక్ రియాక్టర్‌వల్ల ఈ నౌక ఒక సంవత్సరానికిపైగా ఫ్యూయెల్ సరఫరాలేకుండానే పనిచేయగలదు.

## మునిగిన నౌకలు ఎక్కడ ఉంటాయి?

సముద్రంలో మునిగిన నౌకలు అట్టడుగుదాకా ఎన్నటికీ దిగిపోవనీ, నీటి సాంద్రత తగినంతగా ఉండే లోతుకు దిగి అక్కడే తేలి ఉంటాయని అనేకమంది నావికులుపైతం భావిస్తారు; అడుగుకు వెళ్లినకొద్దీ నీటి సాంద్రత, ఎగువన ఉండే నీటి వత్తిడివల్ల హెచ్చుతుందని వారి ఉద్దేశం.

''సముద్రమడుగున ఇరవైవేల లీగుల లోతున'' *(Twenty Thousand Leagues Under the Sea)* అనే నవలయొక్క రచయిత కూడా ఇదే భావం ప్రకటిస్తాడు. ఈనవలలో ఒక చోట జూల్స్ వెర్న్ భగ్ననౌక సముద్ర జలములో కొంత లోతున తేలివున్నట్టు వర్ణిస్తాడు. మరొక చోట ''నీటి మధ్య వేళ్లాడే పడవలు చీకిపోతున్నాయి'' అంటాడు.

ఈ విధమైన ఆలోచన ఒప్పా తప్పా?

సముద్రం అడుగున ఉండే పీడనం బ్రహ్మాండమైనది. కనుక పైన చెప్పిన అంశాలలో కొంత నిజం ఉన్నదేమోనని అనిపించవచ్చు. పది మీటర్ల లోతుకు మునిగిన వస్తువుయొక్క పైభాగాన ప్రతి చదరపు సెంటిమీటరుమీద ఒక కిలోగ్రాము పీడనం ఉంటుంది. 20 మీటర్ల లోతున రెండు కిలోగ్రాములు, 100 మీటర్ల లోతున 10 కిలోగ్రాములు, 1,000 మీటర్ల లోతున 100 కిలోగ్రాములు — ఇలా వుంటుంది. సముద్రంలో అనేక ప్రాంతాలలో దాని లోతు అనేక కిలోమీటర్లు ఉంటుందని మనకు తెలుసు; అన్నిటికన్న లోతైన మారియాన్ అఖాతం — పసిఫిక్ మహా సముద్రంలోది — 11 కిలోమీటర్లను మించి ఉంటుంది. అంతంత లోతులలో నీటిపీడనం ఎంతహెచ్చుగా ఉంటుందో, ఆలోతుకు మునిగిన వస్తువులెంతేసి పీడనాలకు గురి అవుతాయో మనం సులభంగా లెక్కగట్టవచ్చు.

మనం కాళీసీసాకు బిరడా పెట్టి చాలా లోతుకు దించి పైకి తీసినట్టయితే, సీసానిండా నీరుంటుంది. బిరడా లోపలికి పోయివుంటుంది — కారణం ఆలోతున పీడనం చాలా ఎక్కువగా

వుండడం. "మహా సముద్రం" (*The Ocean*) అనే తన గ్రంథంలో జాన్ మురే అనే ప్రసిద్ధ సముద్ర శాస్త్రవేత్త ఈ క్రింద ప్రయోగాన్ని చేసినట్టు వర్ణించాడు: వేరు వేరు ప్రమాణాలుగల మూడు గాజు గొట్టాలను, వాటి చివరలను కరిగించి మూసి, గుడ్డలో చుట్టి, ఆ మూటను ఒక రాగి సిలిండరులో ఉంచి, నీరు లోపలికి పోవడానికి వీలుగా రాగి సిలిండరులో రంధ్రాలు అమర్చి, ఆ సిలిండరును 5 కిలోమీటర్ల లోతుకు దించి పైకి లాగారు. గుడ్డలు విప్పి చూడగా వాటి నిండా గాజు పగిలి మంచుముద్దలాగా వున్నది. మామూలు కొయ్యముక్కలను కూడా అంత లోతుకు దింపితీసిన మీదట అవి వొత్తిడికి బాగా అణుచుకు పోయి నీటిలో వేస్తే రాళ్లలాగ మునిగాయి.

అందుచేత పాదరసంలో ఇనుము మునగనట్టుగా హెచ్చు లోతులలో వుండే నీరు అపారమైన పీడనమువల్ల బాగా సాంద్రంగా వుండి బరువైన వస్తువులను సైతం లోతుకు దిగనివ్వక పోవటం స్వాభావిక మనిపిస్తుంది. కాని ఇది ఆధారంలేని అభిప్రాయం. అన్ని ద్రవాల లాగే నీరు కూడా సంపీడనానికి లొంగదని ప్రయోగాలద్వారా ఋజువు అయింది. చదరపు సెంటిమీటరుకు ఒక కిలోగ్రాము సంపీడనము కలిగించినట్టయితే నీరు పొందే సంకోచం తన ఘనపరిమాణంలో $1/_{22,000}$ వ వంతు మాత్రమే. ప్రతి ఒక్క కిలోగ్రాము అధిక పీడనానికి దాని ఘనపరిమాణము యీ ప్రమాణములోనే తగ్గుతుంది. నీటిలో ఇనుము తేలేటట్టు దాని సాంద్రతని ఎనిమిదింతలు చేయాలి. అయితే నీటి సాంద్రత రెట్టింపు చెయ్యాలంటేనే (అంటే దాని పరిమాణం సగం చెయ్యాలంటేనే) చదరపు సెంటిమీటరుకు 11,000 కి. గ్రాములు పీడనం అవసరం. (అది కూడా అంత బ్రహ్మాండమైన పీడనాలకి ఈ సంకోచం సాధ్యమయితేనే.) 110 కిలోమీటర్ల లోతున గాని అంత పీడనం లభ్యం కాదు!

అందుచేత మహాసముద్రాల అడుగున సయితం నీరు చెప్పుకోదగిన సంపీడనం పొందదని స్పష్టమవుతుంది. ఎందుకంటే సముద్రంలోని అత్యంత లోతుస్థలంలో సయితం నీరు తన సాధారణ సాంద్రతలో 1,100/22,000 వంతు మాత్రమే అంటే $1/_{20}$ వంతు (5%) మాత్రమే అవుటుంది.* యిందువల్ల నీటిలో వస్తువుల ప్లవనానికి సంబంధించిన పరిస్థితులలో

---

* గురుత్వాకర్షణ అకస్మాత్తుగా మాయమై జలం భార రహితమయినట్టయితే, ప్రస్తుతం నీటికి ఏర్పడి వున్న సంపీడనం తొలగడం వల్ల సముద్రం పొంగి సరాసరిన 35 మీటర్ల ఎత్తు పొంగుతుందని బ్రిటిష్ శాస్త్రవేత్త టేట్ అంచనా వేశాడు. యిలా సముద్ర మట్టం పెరగడంచేత యిప్పుడు నేలగా వున్న మేరలో 50 లక్షల చదరపు కిలోమీటర్లు సముద్రం కిందకి పోతాయని బర్గర్ చెప్పాడు. యీ మేర ప్రస్తుతం పొడిగా వుండటానికి కారణం సముద్రజలం సంపీడనకు గురి అయి వుండటమే.

ఏమంత మార్పు వుండదు – లోతున వుండే వస్తువులు కూడా సంపీడవానికి గురి అయి వాటి సాంద్రత అధికం అవుతుంది కనుక, ఇలాటి అవకాశం బొత్తిగా వుండదు.

కనుక మునిగిన నౌకలు సముద్రం అడుగుకి దిగి పోతాయనటానికి ఏమీ సందేహం లేదు. మురే అన్నట్టు "నీటితో నిండిన గ్లాసులో మునిగే ప్రతిదీ నిమ్నతమ సముద్రంలో కూడా అడుగుకి దిగి పోవాలి."

పై విషయాలకి వ్యతిరేకంగా నేసీ కింది ఆక్షేపణ విన్నాను. నీటిలో గాజు గ్లాసును తలక్రిందు చేసి జాగ్రత్తగా ముంచినట్లయితే, అది తన బరువుకు సమమైన బరువుగల నీటి స్థానాన్ని ఆక్రమించి అలాగే తేలి ఉండవచ్చు. అంతకన్న బరువుగల లోహపు గ్లాసు సహితం నీటిలో మునిగి కూడా అట్టడుగుకు దిగకుండా మధ్యలో ఉండి పోవచ్చు. అదే విధంగా తలకిందులై మునిగిన యుద్ధపు నౌకగాని ఇంకేదైనాగాని నౌకలు నీటి మధ్యలో తేలి వుండ వచ్చునంటున్నారు. నౌకయొక్క అరలలో వుండే గాలి బయటికి రాలేనప్పుడు ఆ నౌక కొంత లోతుకు మాత్రమే మునిగి అక్కడే నిలచి పోవచ్చు. ఆ మాటకు వస్తే తలకిందులై మునిగే నౌకలు చాలా వుంటాయి. వాటిలో కొన్ని అట్టడుగుకు దిగిపోకుండా సముద్రజలంలో కొంత లోతులో తేలి వుండడం సాధ్యం కాదా? ఒక చిన్న తోపుతో అవి సరిగా అయి, నీరు నిండి అడుగుకు దిగి పోవచ్చు, కాని పెద్దపెద్ద తుపానులకు కూడా సంచలనం పొందని, నిశ్చలత్వం, నిశ్శబ్దం రాజ్యమేలే సముద్రపు లోతులలో వాటికాతోపుడు ఎలా వీలు కలుగుతుంది?

యీ వాదనలన్నిటిలోను ఒక భౌతికశాస్త్ర దోషం వున్నది. తలకిందులుగా చేసిన గ్లాసు దానంతట అది మునగదు. దానిని ముంచటానికొక బహిర్గత బలం కావాలి. కొయ్యముక్కను, బిరడాగల ఖాళీసీసాను ముంచిన విధంగానే. ఆవిధంగానే తలకిందులైన పడవ కూడా నీటిపైనే తేలుతుంది. అసలు మునగడమే మొదలుపెట్టదు. సముద్రపు ఉపరితలానికీ అడుగుకూ మధ్యలో తేలడం అన్నది అసలు సాధ్యంకాదు.

## జూల్స్ వెర్న్, హెచ్.జి.వెల్స్‌ల ఊహలు ఎలా నిజమయాయి?

యీనాటి సబ్మరీనులు జూల్స్ వెర్న్ వూహించిన అద్భుత నౌక "నాటిలస్" లాగ ఉండడమే కాక కొన్ని విషయాలలో దానిని మించి పోయాయి. అయితే జలాంతర్గాములైన ఈనాటి యుద్ధనౌకల వేగం, జూల్స్ వెర్న్ చెప్పిన "నాటిలస్" యొక్క 50 నాట్ల వేగంలో సగమే: 24 నాట్లే ("నాట్" అంటే గంటకు సుమారు 1.8 కి.మీ.) ఆధునిక జలాంత

ర్గామి నౌకలు చెయ్యగల అతిదీర్ఘ ప్రయాణం ప్రపంచాన్ని చుట్టి రావడమే. కెప్టెన్ నీమో దీనికి రెండింతలు ప్రయాణించాడు. అయితే "నాటిలస్" బరువు 1,500 టన్నులు మాత్రమే; అందులోని నావికుల సంఖ్య సుమారు 30, అది 48 గంటలకు పైగా నీటిలో మునిగి వుండగలిగేది కాదు. 1929లో ఫ్రెంచి నౌకా శాఖ నిర్మించిన జలాంతర్గామి – యుద్ధ నౌక "సుర్క్యూఫ్" బరువు 3,200 టన్నులు. అందులో 150 మంది నావికులు పని చేసేవారు, అది 120 గంటలపాటు నీటమునిగి పైకి రాకుండా వుండగలిగేది.*

"సుర్క్యూఫ్" యే రేవులోను మజిలీ వెయ్యకుండా ఫ్రాన్సునుండి మడగాస్కర్ దాకా ప్రయాణించింది. సౌఖ్యాలు, సౌకర్యాలు మాటకు వస్తే యీ సబ్మరీను "నాటిలస్" కన్న మెరుగైనదే కాక పరివేక్షక జలవిమానాన్ని ఉంచడానికి దీని పైభాగాన నీరు చొరని పొంగరు కూడా వుండేది. ఇది గొప్ప నదుపాయమనడానికి ఆక్షేపణ ఏమీ లేదు. అంతేకాక సబ్మరీనులు నీటి దిగువన వున్నప్పుడు నీటి పైభాగాన ఏమున్నది తెలుసుకోవడానికి ఒక పెరిస్కోపు వుంటుంది. "నాటిలస్"కు యిలాటి పెరిస్కోపును జూల్స్ వెర్న్ ఏర్పాటు చెయ్యలేదు.

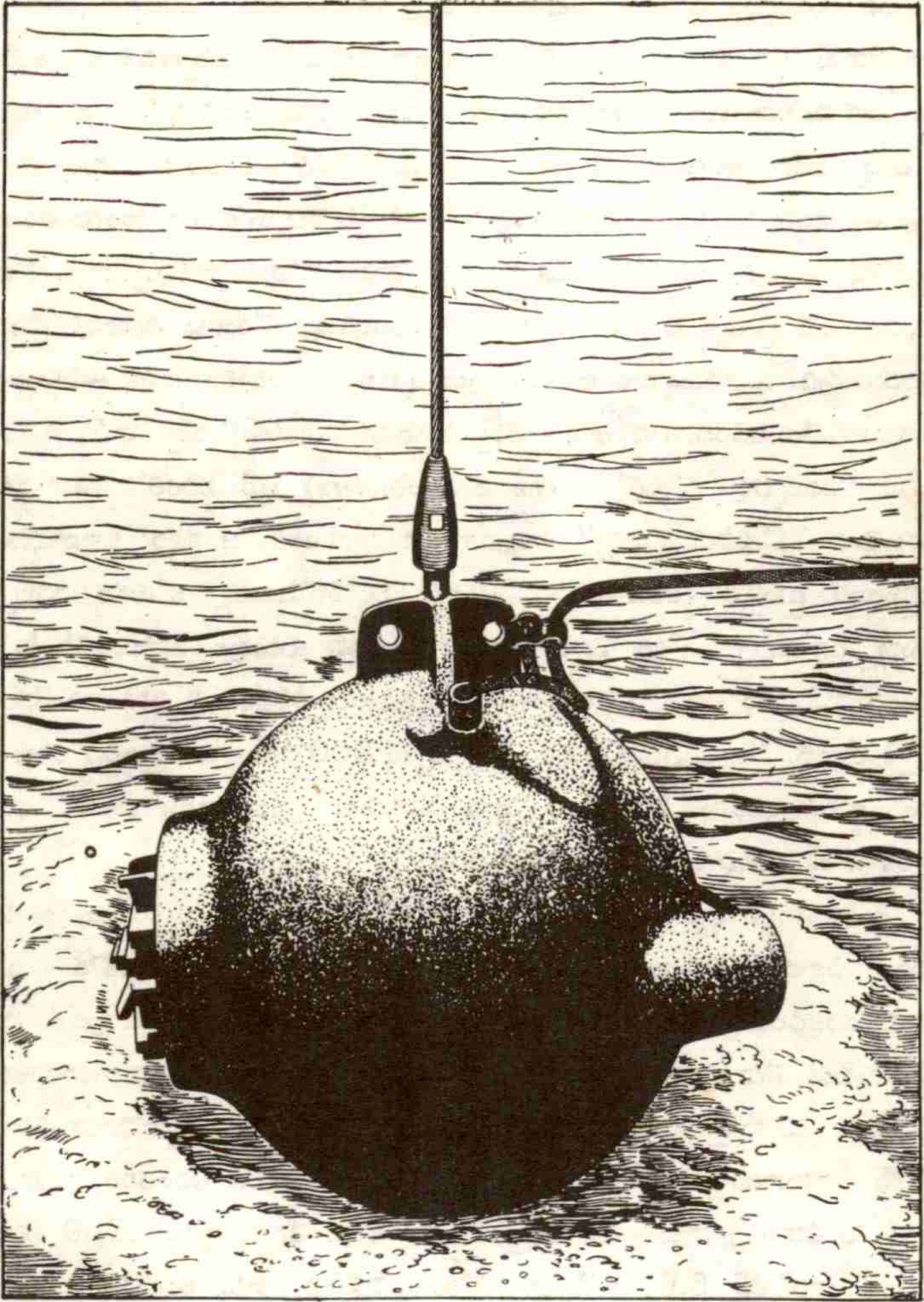
ఫ్రెంచి నవలాకారుని ఊహాకల్పిత జలాంతర్గామి కన్న నిజమైన జలాంతర్గాములు ఒక్క విషయంలోనే చాలకాలంపాటు వెనుకపడి వుంటాయి మునిగే లోతులలో. అయితే యీ సందర్భంలో జూల్స్ వెర్న్ అభూత కల్పన చేశాడు. "కెప్టెన్ నీమో మూడు, నాలుగు, ఐదు, ఏడు, తొమ్మిది, పది వేల మీటర్ల లోతుకు వెళ్లాడు" అని మనం నవలలో ఒక చోట చదువుతాం. ఒక సందర్భంలో "నాటిలస్" ఎక్కడా లేని 16,000 మీటర్ల లోతుకు కూడా దిగింది! "సబ్మరీన్‌యొక్క ఇనుప పలకల రివెట్‌లు అదరడం, కడ్డీలు వంగడం నీటి ఒత్తిడికి సబ్మరీన్ కిటికీ అద్దాలు లోపలికి ఉబకటం నాకు తెలిసింది. మా నౌక పోత పోసినట్టు దృఢంగా వుంది కనుక సరిపోయిందిగాని లేకపోతే ఒక్క క్షణంలో అప్పచ్చి అయి పోయి వుండును" అంటాడు కథానాయకుడు. అతని భయం నిరాధారమయినది కాదు. 16 కిలోమీటర్ల లోతు అంటూ ఏ సముద్రంలోనైనా వుండే పక్షంలో ఆలోతున నీటి పీడనం

16,000:10 = 1,600 కి.గ్రా. (చదరపు సెంటిమీటరుకు)

వుంటుంది; అంటే సాధారణ వాతావరణ పీడనానికి 1,600 రెట్లు. యీ పీడనం ఇనుమును చితక గొట్టలేకపోయిన ఇనుప కట్టడాన్ని కుదింపగలదు. కాని అలాంటి సముద్రపు లోతులు ఆధునిక సముద్రశాస్త్రం ఎరుగదు. జూల్స్ వెర్న్ కాలంలో – 1869 లో యీ నవల

---

* అణుశక్తితో నడిచే ఈ నాటి సబ్మరీనులలో మానవుడు యే మార్గాన్నయినా పోగలడు. కవివినని సముద్రపు లోతులకు వెళ్లగలడు. కొద్ది సంవత్సరాల క్రితం సోవియట్ ఎటామిక్ సబ్మరీనుల దళం నీటి ఉపరితలానికి రాకుండానే జలగర్భంలోనే భూమి చుట్టూ ప్రయాణం చేసింది. – సం.



చిత్రం 49. ఈ ఉక్కు కవచంగల బాతిస్ఫియర్ గోళం సహాయంతో విలియమ్ బీబ్ 1934 లో 923 మీటర్ల లోతుకి దిగాడు. దీని గోడలమందం సుమారు 4 సెం.మీ. బరువు 2.5 టన్నులు; దీని వ్యాసం నిడివి 1.5 మీటర్లు.

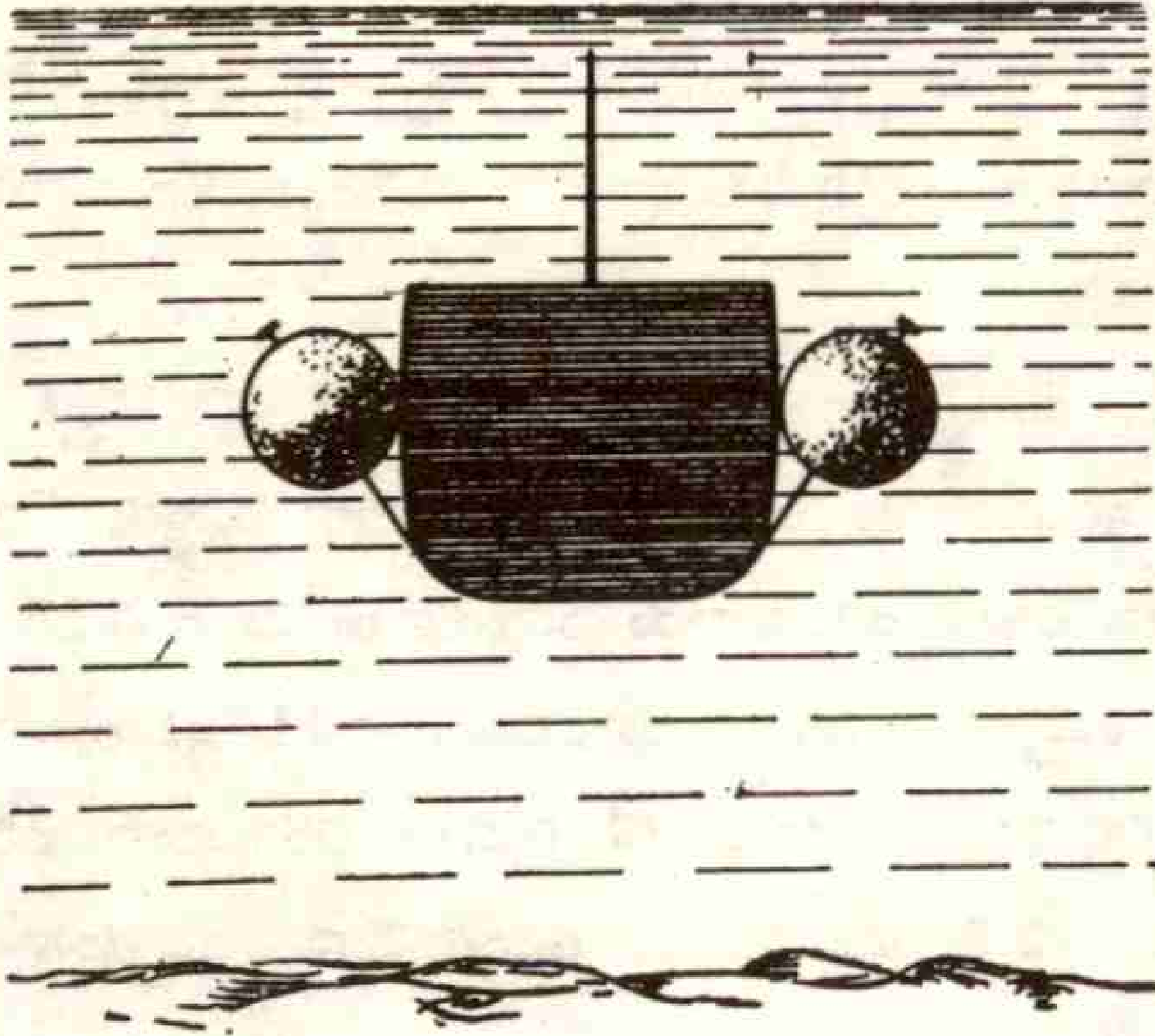
రచించబడింది — సముద్రపు లోతులను గురించి అతిశయించిన అభిప్రాయాలుండటానికి కారణం ఆకాలంలో సముద్రపు లోతులు నిర్ణయించడానికి సరియైన పద్ధతులు లేకపోవటమే. ఆరోజులలో సముద్రం లోతు కొలవటానికి లోహపు తీగలకు బదులు జనపనార తాడు ఉపయోగించేవారు. అది లోతుకు వెళ్లిన కొద్ది హెచ్చుగా నీటియొక్క ఘర్షణానికి గురి అయేది. తాడు ఎంత వదిలినా యీ ఘర్షణం మూలంగా తాడు ఒక లోతు మించి దిగేది కాదు. అక్కడే అది చిక్కు పడేది. అందుచేత సముద్రపు లోతులను గురించి అతిశయాభిప్రాయం కలిగేది.

ఈ కాలపు సబ్మరీనులు వాతావరణపు పీడనానికి 30 రెట్లకు కొద్దిగా మించిన తరువాత తట్టుకోలేవు — ఉంటే అవి 300 మీటర్ల కన్న హెచ్చు లోతుకు పోలేవన్నమాట. "బాతిస్ఫియరు" అనే ప్రత్యేక సాధనం (చిత్రం 49) అత్యధికపు లోతులకు దిగడానికి ప్రయోగించబడుతున్నది. మహాసముద్రాల అడుగున వుండే ప్రాణులను పరిశీలించడానికి అనుకూలంగా అది తయారుచేయబడింది. అది జూల్స్ వెర్న్ కల్పించిన "నాటిలస్" కన్న హెచ్. జి. వెల్స్ రచించిన "సముద్రపు లోతులో" *(The Sea Raiders)* అనే నవలలోని ఊహా కల్పిత ఉపకరణమైన "లోతునీటి గోళాన్ని" ఎక్కువగా పోలి వుంటుంది. ఆ కథలో కథానాయకుడు మందమయిన ఉక్కుతో తయారుచేసిన గోళంలో 9 కిలోమీటర్ల లోతుగల సముద్రం అడుగుకు దిగాడు. ఆ గోళం మోకు లేకుండా, అదనపు బరువుల సహాయంతో నీటిలో దిగుతుంది. సముద్రం అడుగుకు వెళ్లాక అదనపు బరువులను తీసివేసి అది తిరిగి అతి వేగంతో నీటిపైకి తేలింది. "బాతిస్ఫియర్" లలో శాస్త్రజ్ఞులు 900 మీటర్లకు పైబడిన లోతులకు దిగారు. బాతిస్ఫియర్‌ను నౌకలనుంచి మోకు సహాయంతో దించుతారు, వాటిలో వుండే వ్యక్తులకీ నౌకకీ టెలిఫోను సంబంధం ఉంటుంది.

ఇటీవలనే ఫ్రాన్సులో విల్మా అనే యింజనీరుయొక్క పర్యవేక్షణ కిందను, ఇటలీలో ప్రొఫెసరు పికార్డు (బెల్జియం దేశస్థుడు) చేతను "బాతిస్‌కేఫ్" అనే మరొక సాధనం తయారుచేయబడింది. ఇది కూడా సముద్రపు లోతులలో పరిశోధనలు జరుపుటకే. దీనికి బాతిస్ఫియరుకు తేడా ఏమంటే, ఎంతో లోతున యిది కదలగలదు, ప్రయాణించగలదు. బాతిస్ఫియరు మోకుపై నిస్సహాయంగా వేలాడుతుంది. మొట్టమొదట ప్రొఫెసరు పికార్డు బాతిస్‌కేఫ్‌లో మూడు కిలోమీటర్లను మించిన లోతుకు దిగాడు. అనంతరం గియోమ్, విల్మా (ఫ్రెంచివాళ్లు) నాలుగు వేల ఏభై మీటర్ల లోతు చేరుకున్నారు. 1959 నవంబరులో ఒక బాతిస్‌కేఫ్ 5,670 మీటర్ల లోతుకు వెళ్లింది, కాని, ఇంతటితో ఆగలేదు. 1960 జనవరి 9 న పికార్డు 7,300 మీటర్ల లోతుకు దిగాడు, జనవరి 23 న ఆయన మారియానా అఖాతం (11.5 కిలోమీటర్ల లోతు!) అడుగును చేరుకున్నాడు. ప్రపంచంలో యింతకు మించిన లోతు లేదని భావించబడుతున్నది.

## "సాడ్కో"ను తిరిగి తేల్చిన విధం

ఏటా ముఖ్యంగా యుద్ధ కాలంలో, చిన్న, పెద్ద నౌకలు వేలసంఖ్యలో విశాల సముద్రాలలో మునిగి పోతాయి. మునిగిన నౌకలలో విలువయినవి, వీలయినవి, తిరిగి తేల్చబడుతాయి. ఈమధ్య సముద్ర గర్భంలో ప్రత్యేకపనుల కోసం నిర్మించబడిన శాఖకు (దీన్ని రష్యనులో కుదింపుగా "ఎప్రోన్" అంటారు) చెందిన సోవియట్ యింజనీర్లు, లోతులకు దిగేవారు అనేక పెద్ద నౌకలను తిరిగి తేల్చి ప్రపంచ ఖ్యాతి గడించారు. యీ నౌకలన్నిటిలోకి పెద్దదయిన "సాడ్కో" అనే హిమ విధ్వంసక నౌక కెప్టెను అజాగ్రత్త మూలాన తెల్లసముద్రంలో 1916 లో మునిగి పోయింది. 17 ఏళ్లపాటు సముద్రమడుగున పడి ఉండిన యీ ప్రశస్తమయిన నౌకను నీటిపైకి తేల్చారు.



చిత్రం 50. "సాడ్కో"ను పైకి తేల్చిన విధం. హిమవిచ్ఛేదక నౌక పాంటూన్‌లు గొలుసుయా మధ్యచ్ఛేదంలో చూపబడ్డాయి.

అందుకు వినియోగించిన టెక్నిక్ కేవలం ఆర్కిమిడీస్ సూత్రంపైన ఆధారపడినది. మునిగిన నౌకకు అడుగున, నేలలో 12 కందకాలు తవ్వి, వాటిగుండా బలమైన ఉక్కుమోకులు పోనిచ్చి, ఆ మోకులచివర్ల ఉద్దేశ పూర్వకంగా నీటిలోకి ముంచిన "పాంటూన్"లు కట్టారు. ఈ పనంతా నీటి ఉపరితలానికి 25 మీ. లోతున జరిగింది.

యీ పాంటూన్ (చిత్రం 50 లో చూడండి) 11 మీటర్లు నిడివి, 5.5 మీటర్లు వ్యాసంగల గుల్ల యినుప సిలిండరులు. ఒక్కొక్క ఖాళీ సిలిండరు బరువు 50 టన్నులు; ఘన పరిమాణం 250 ఘ.మీ. అని జామెట్రీ సూత్రాల సహాయంతో సులభంగా లెక్క గట్టొచ్చు. దీని బరువు 50 టన్నులు ఇది ఆక్రమించే నీటి బరువు 250 టన్నులు. అందు చేత ఖాళీగానున్న ఈ సిలిండరు నీటిపై తేలాలన్నది స్పష్టం. 250కి 50కి గల తేడా అయిన 200 టన్నుల బరువును పైకి తేల్చగలదు. నీరు నింపి దీనిని నీటిలో ముంచారు.

నీటిలో ముంచిన పాంటూన్‌లను ఉక్కు మోకులకు దృఢంగా బంధించిన అనంతరం వాటిలోని హెచ్చు పీడనంగల గాలిని సిలిండరులలోకి పంపు చేశారు. 25 మీటర్ల లోతున నీటి పీడన శక్తి $^{25}/_{10}+1$, లేక 3.5 వాతావరణ పీడనాలు. 4 వాతావరణాల పీడనంగల గాలిని పంపకం చేసిన మీదట పాంటూన్‌లలోని నీరు వెలికి వచ్చి, అవి గాలితో నిండాయి. తేలికబడిన సిలిండరులు వాటి చుట్టూ ఉన్న నీటి ఒత్తిడివల్ల బ్రహ్మాండమైన బలంతో నీటిపైకి నెట్టబడేవి. గాలిలో బెలూనులాగ అవి నీటిలో తేలేవి. 12 పాంటూన్‌లకు కలిపి $12 \times 200 = 2{,}400$ టన్నుల బరువును పైకెత్తే శక్తి ఉన్నది. "సాడ్కొ" బరువు ఇంత కూడా లేదు కనుక పాంటూన్‌లలోని నీరు పూర్తిగా తీసివేయబడలేదు — పని తాపీగా జరిగేలాగు చూశారు.

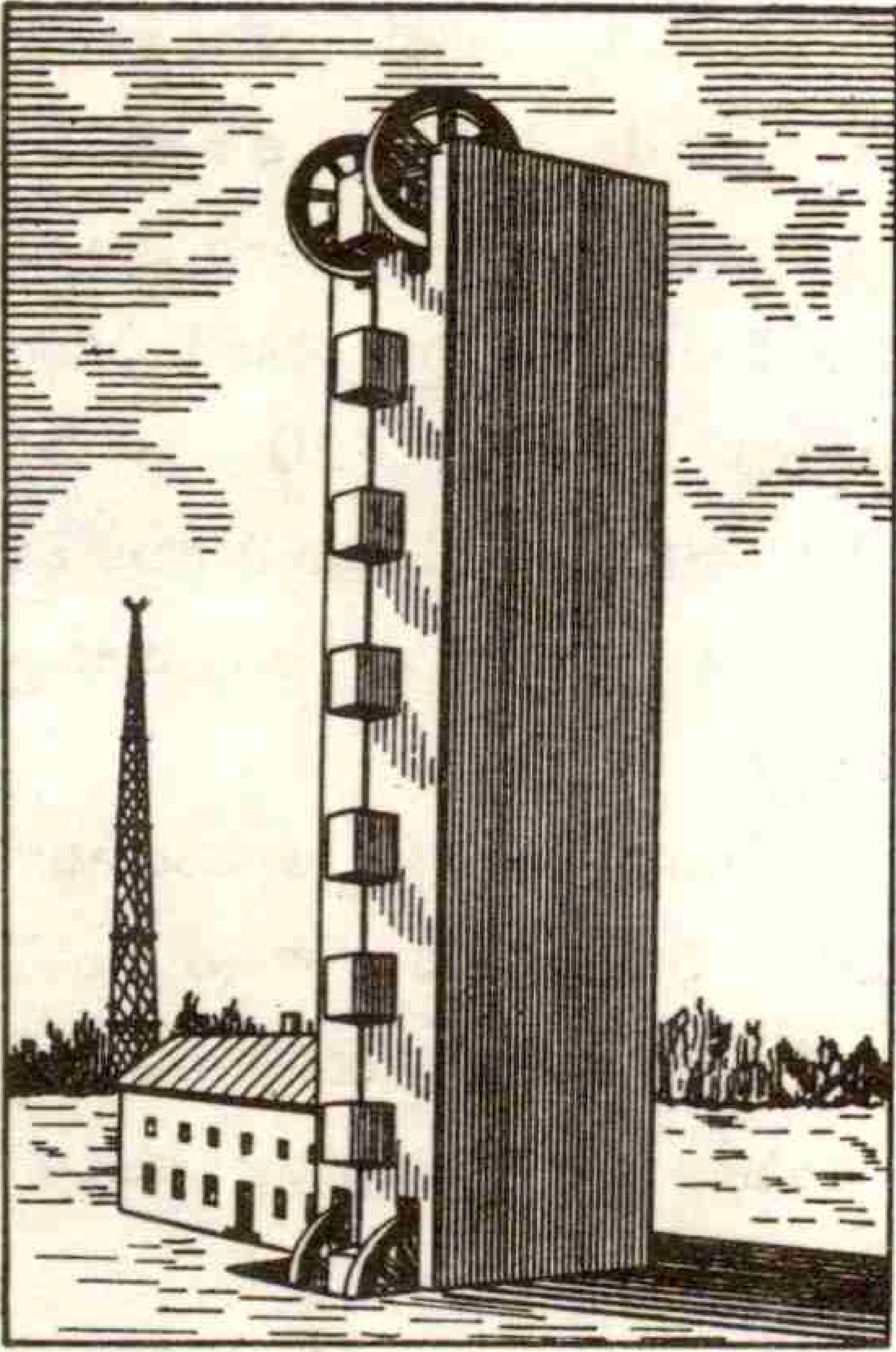
అయినప్పటికీ, అనేక విఫల యత్నాల అనంతరమే నౌక పైకి తేలింది. ఈ పనిని పర్యవేక్షించిన నౌకా ఇంజనీరు ది. ఎ. బొబ్రీత్‌స్కియ్ ఇలా చెప్పాడు. "నాలుగు ప్రయత్నాలు విఫలమైనాక పని సానుకూలమైంది. మూడు పర్యాయాలు మేము ఊపిరి కూడా తీయకుండా హిమవిధ్వంసి పైకి వస్తుందని ఎదురు చూడడము, దానికి బదులుగా పాంటూన్‌లు, గాలి గొట్టాలు పైకి వచ్చి సముద్ర కెరటాలలో సుడులు తిరగటమూ జరిగింది హిమవిధ్వంసి కూడా రెండు సార్లు పైకి వచ్చి మునిగిన అనంతరమేగాని కచ్చితంగా తేలలేదు."

## "శాశ్వత చలన" జలయంత్రం

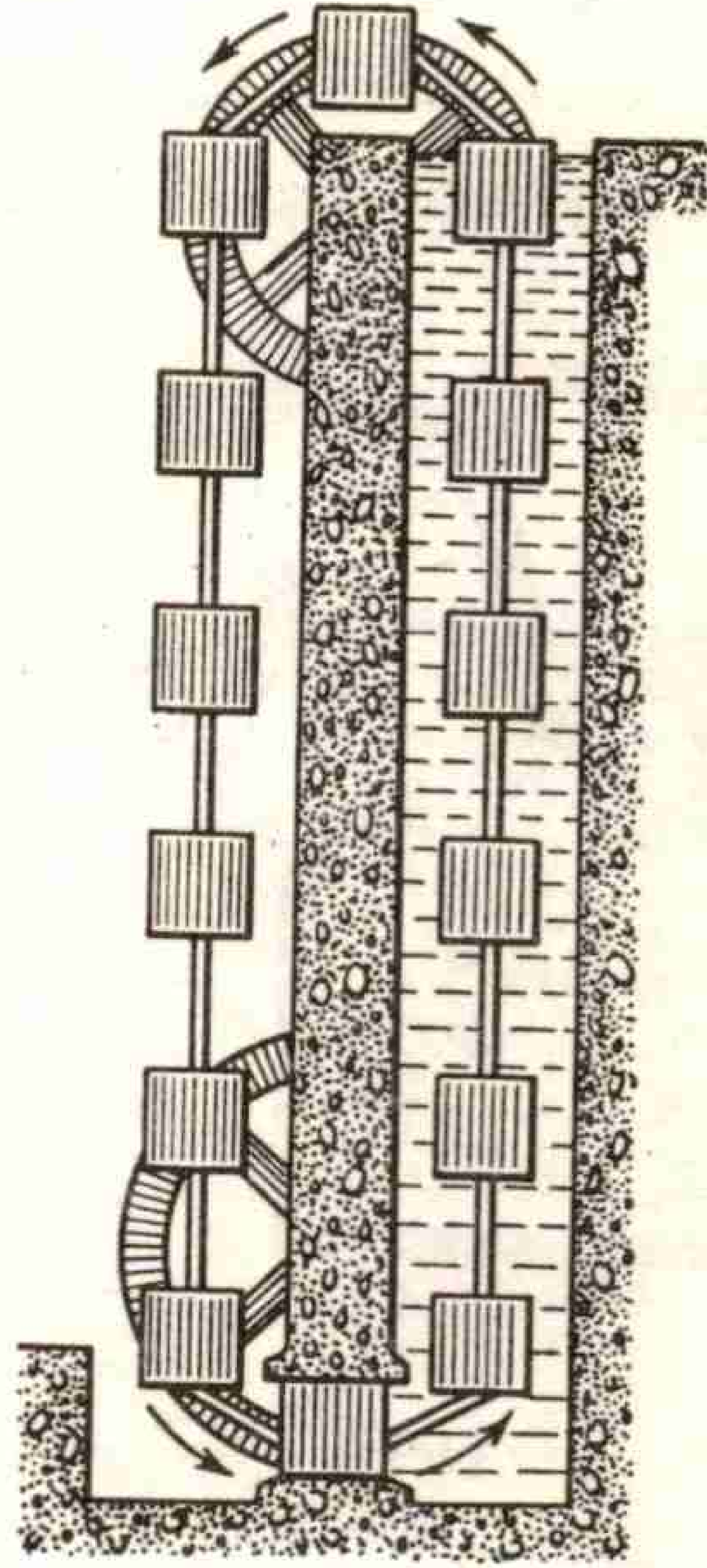
"శాశ్వత చలన" యంత్రాలకు చెందిన అసంఖ్యాక పథకాలలో నీటిలో వస్తువుల ఉత్ప్లవనం పైన ఆధారపడేవి కూడా ఉన్నవి. వాటిలో ఒక దానిలో 20 మీటర్ల ఎత్తుగల జలస్తంభం ఉన్నది. దానికి పైన కింద కప్పీలు అమర్చి, వాటి మీదుగా ఒక బలమైన మోకును కొసలు లేని బెల్టులాగ ఏర్పాటు చేస్తారు. మోకుకు ఘన చతురస్రాకారంగల 14 ఖాళీ పెట్టెలు ఒక మీటరు ఎత్తుగలవి అమర్చుతారు. వాటిని ఇనుప రేకుతో తయారుచేసి, నీరు

లోపలికి పోకుండా రివెట్లతో బిగిస్తారు. చిత్రం 51, 52 లో యీ ఏర్పాటుతాలూకు బొమ్మ దాని నిలువు మధ్యచ్ఛేదము ఉన్నాయి.

ఇది ఎలా పని చేస్తుందని? ఖాళీ పెట్టెను నీటిలో ముంచుతే అది కొంత శక్తితో పైకి తేలుతుంది. ఆ శక్తి పెట్టె ఆక్రమించే నీటి బరువుకు సమంగా వుంటుందని ఆర్కిమిడీస్ సూత్రం తెలిసిన వారందరూ ఎరిగినదే. అంటే యీ పెట్టెలలో ఎన్ని ఘనమీటర్ల నీరు ఉంటే అన్ని ఘనమీటర్ల నీటి బరువుకు సమమైన ఉత్ప్లవన శక్తి ఏర్పడుతుందన్నమాట. చిత్రంలో 6 పెట్టెలు అస్తమానము నీటిలో ఉన్నట్టు తెలుస్తుంది. కనుక ఉత్ప్లవన శక్తి



చిత్రం 51. మోసపు "శాశ్వత చలన" జలయంత్రపు ఊహాపథకం.



చిత్రం 52. ముందు చిత్రంలో చూపబడిన టవరుయొక్క మధ్యచ్ఛేదం.

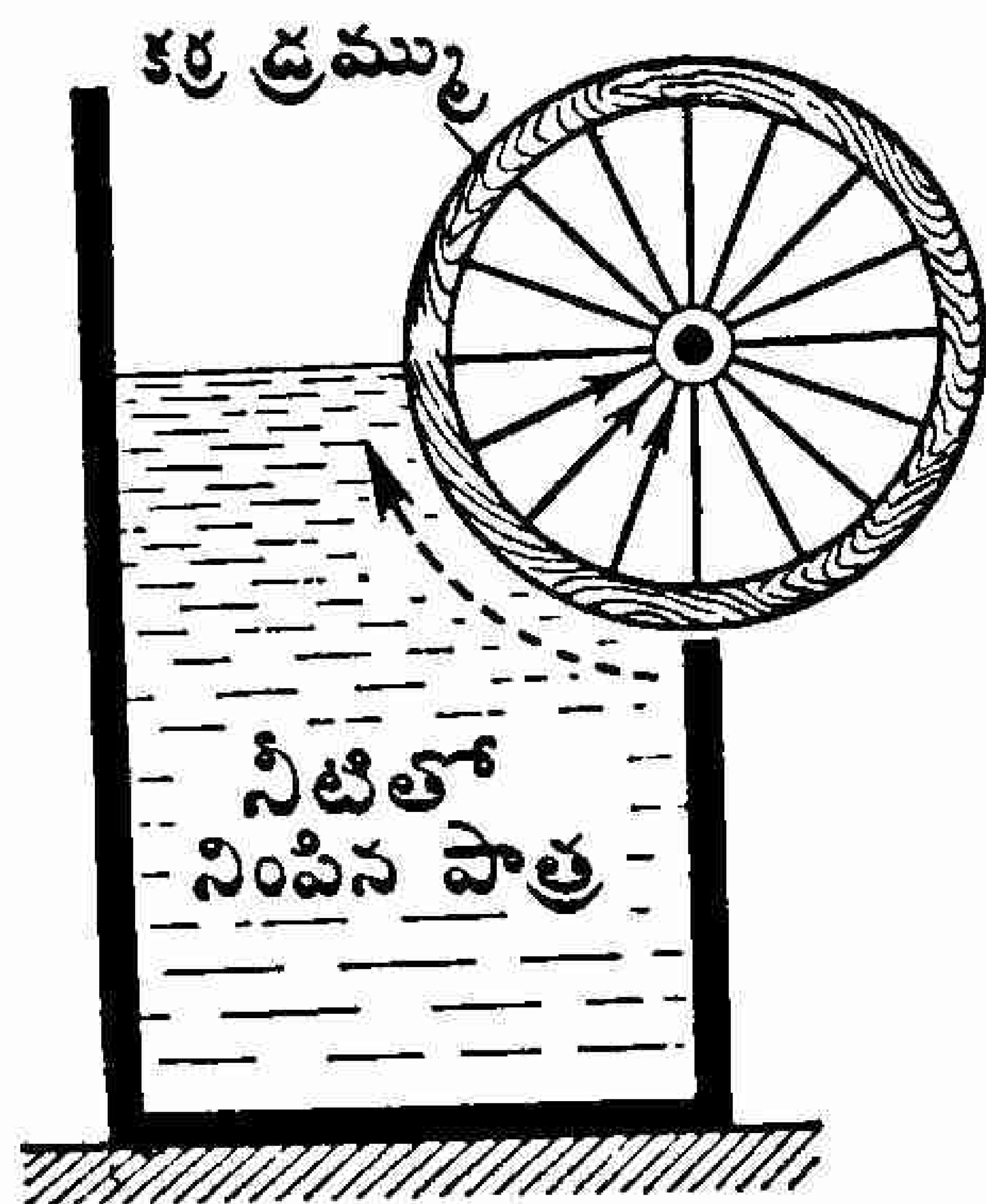
6 ఘ.మీ. నీటి బరువుకు, లేక 6 టన్నులకు సమంగా ఉంటుంది. అయితే యీ ఆరు పెట్టెల బరువు వాటిని దిగువకు లాగుతుంది; కాని వాటి బరువును సరి చెయ్యడానికి అవతలి పక్క మరో 6 పెట్టెల బరువున్నది.

ఆ విధంగా పైన చెప్పబడినట్టు చుట్టు తిప్పబడిన మోకు ఎల్లప్పుడు ఒకపక్కనించి పైకిలాగే 6 టన్నుల బలానికి గురి అవుతుంది. ఈ బలం మోకును కప్పీలమీదుగా ఆగకుండా తిప్పుతూ ఒక చుట్టు తిరిగి వచ్చినప్పుడల్లా 6,000 × 20 = 120,000 కి. గ్రా. మీటర్ల పనిని సాధిస్తుంది.

అందుచేత దేశమంతటా ఇలాటి స్తంభాలు అమర్చినట్టయితే వాటిచేత అనంతంగా పని చేయించవచ్చు — కనీసం ఆర్థికావసరాలు తీరుతాయి; ఏమంటే వాటితో డైనమోల రోటరులు తిరిగి అంతులేని విద్యుత్తు లభిస్తుంది.

అయినప్పటికీ ఈ పథకాన్ని వివరంగా పరిశీలిస్తే మోకు అసలు కదలనే కదలదన్నది స్పష్టం అవుతుంది.

నిజానికి చివరలు లేని మోకు తిరగాలంటే పెట్టెలు జలస్తంభం అడుగునుంచి నీటిలోకి ప్రవేశించి పైనుంచి వెలుపలికి రావాలి. ఒక పెట్టె నీటిలో ప్రవేశించాలంటే 20 మీటర్ల ఎత్తు నీటి స్తంభం యొక్క పీడనాన్ని ప్రతిఘటించాలి. ఇంత ఎత్తుగల నీరు చదరపు మీటరు పెట్టెపై కలిగించే పీడనం 20 టన్నులకు సమానము. (20 మీ³ నీటి బరువు) మీదకులాగే బలం 6 టన్నులే గనుక ఒక పెట్టెను నీటిలోకి లాగడానికైనా అది చాలదన్న మాట స్పష్టం.




చిత్రం 53. నీటిలో తిరిగే ''శాశ్వత చలన'' యంత్రంయొక్క మరొక పథకం.

అదృష్టహీనులైన ఆవిష్కర్తలు వందలాదిగా తయారుచేసిన, నీటితో నడిచే ''శాశ్వత చలన'' యంత్రాలలో (ఇలాటివి లెక్కలేనన్ని ఉన్నాయి) కొన్నిటి పంపిణీ అతి సులువుగాను యుక్తితో కూడుకుని ఉంటుంది.

చిత్రం 53 చూడండి. బొమ్మలో ఇరుసుపైన అమర్చిన కర్ర డ్రమ్ము ఉంది. దానిలో ఒక భాగం ఎప్పుడూ నీటిలో మునిగి ఉంటుంది. ఆర్కిమిడీస్ సూత్రం నిజమైతే యీ నీటిలో మునిగిన భాగం పైకి తేలుతుంది. ఇరుసుమీద ఘర్షణం కన్న ఉత్పన్న శక్తి హెచ్చుగా ఉంటుంది కనుక డ్రమ్ము ఆగకుండా తిరగాలి. ఈ ''శాశ్వత చలన'' యంత్రాన్ని నిర్మించడానికి అప్పుడే తొందరపడకండి! మీరు తప్పక విఫలప్రయత్నులవుతారు: డ్రమ్ము తిరగనే తిరుగదు. ఏమిటి సంగతి? మన తలంపులలో తప్పేమిటి? బలాలు ఏ దిశగా పని చేసేది

మనం ఆలోచించనేలేదు. ఈ బలాలు డ్రమ్ముయొక్క ఉపరితలానికి సమకోణంలో పని చేస్తాయి. అంటే ఇరుసుకేసి వ్యాసార్ధం వెంట ప్రయోగ మవుతాయి. చక్రాన్ని దాని అర్ధ వ్యాసంవెంట నొక్కి తిప్పడం సాధ్యం కాదని మీరు గమనించే ఉంటారు. చక్రాన్ని తిప్పాలంటే అర్ధవ్యాసానికి సమకోణంలో, అంటే చక్రంయొక్క వృత్తానికి స్పర్శరేఖవెంట నెట్టాలి. దీనిని బట్టి "శాశ్వత చలన" యంత్ర పథకం మళ్లీ ఎలా భగ్నమైనది మీరు చూడవచ్చు.

"శాశ్వత చలన" యంత్రాల వేటలో ఉన్నవారికి ఆర్కిమిడీస్ సూత్రం మెదడుకు మేతనిచ్చి వారిని మోసపుచ్చింది. వ్యాజమైన బరువు తరుగుదలను యాంత్రిక శక్తి కేంద్రంగా ఉపయోగించి పనిచేసే యుక్తికరమైన పరికరాలను సృష్టింప ప్రయత్నించేటట్లు చేసింది.

## "గేస్" అనే మాటను సృష్టించిన దెవరు?

శాస్త్రవేత్తలు సృష్టించిన "థర్మామీటర్," "ఎలెక్ట్రిసిటీ," "గాల్వనోమీటరు," "టెలిఫోన్," వీటన్నిటికన్నా ముందు "ఎట్మాస్ఫియర్" వగయిరా మాటలలో "గేస్" అన్నది ఒకటి. ఇలా సృష్టించిన మాటలన్నిటిలోకి "గేస్" నిస్సందేహంగా పాట్టేది. గలీలియో సమ కాలికుడైన హెల్మాంట్ అనే వైద్యుడు (1577–1644) ఈ మాటను "కేఆస్" అనే గ్రీకు పదంనుంచి ఉత్పత్తి చేశాడు. గాలిలో రెండు భాగాలు ఉన్నాయని అందులో ఒకటి దహన క్రియకు తోడ్పడి దగ్ధమవుతుందని, రెండవది అలా చెయ్యదని తెలుసుకొని హెల్మాంట్ ఇలా చెప్పాడు: "యీ వాయువుకు నేను గేస్ అని పేరు పెట్టాను, ఏమంటే దీనికి, మన పూర్వీకులు కే ఆ స్ అన్నదానికి తేడా ఏమీలేదు." (కేఆస్ అనే మాటకు ఆదిలో ఉండిన అర్థం "అగాధం").

అయితే చాలాకాలం పాటు యీకొత్త మాట వ్యాప్తిలోకి రాలేదు. 1789 లో మళ్లా యీ మాటను లవాసెర్ అనే ప్రసిద్ధుడు పునరుద్ధరించాడు; మోంగొల్ఫియె సోదరులు బెలూనులలో ప్రయాణాలు సాగించి విద్యార్థం పుట్టించిన సందర్భంలో యీమాటకు ప్రచారం జరిగింది.

## తేలికగా కనబడే లెక్క

30 గ్లాసుల నీరు పట్టే పాత్ర నిండా నీరు పోస్తాం. దాని కుళాయి కింద గ్లాసు పెట్టి, కుళాయి తిప్పి, గ్లాసు నిండడానికి ఎంత కాలం పట్టేది గడియారం తీసుకొని గమనించు

దాం. గ్లాసు నిండడానికి అరనిమిషం పట్టిందనుకుందాం. ప్రశ్న ఏమంటే కుళాయి తెరిచే ఉంచుతే పాత్ర ఖాళీ కావడానికి ఎంత కాలం పట్టుతుంది.

చిన్న పిల్లల అంకగణితపు లెక్కలా తేలికగా కనబడుతోంది. గ్లాసుడు నీరు కారడానికి అర నిమిషం పడితే, 30 గ్లాసుల నీరు బయటకి రావడానికి పావుగంట పట్టాలి.

ప్రయోగం చేసి చూడండి. పాత్ర ఖాళీ కావడానికి పావుగంట కాదు. అరగంట పడుతుంది.

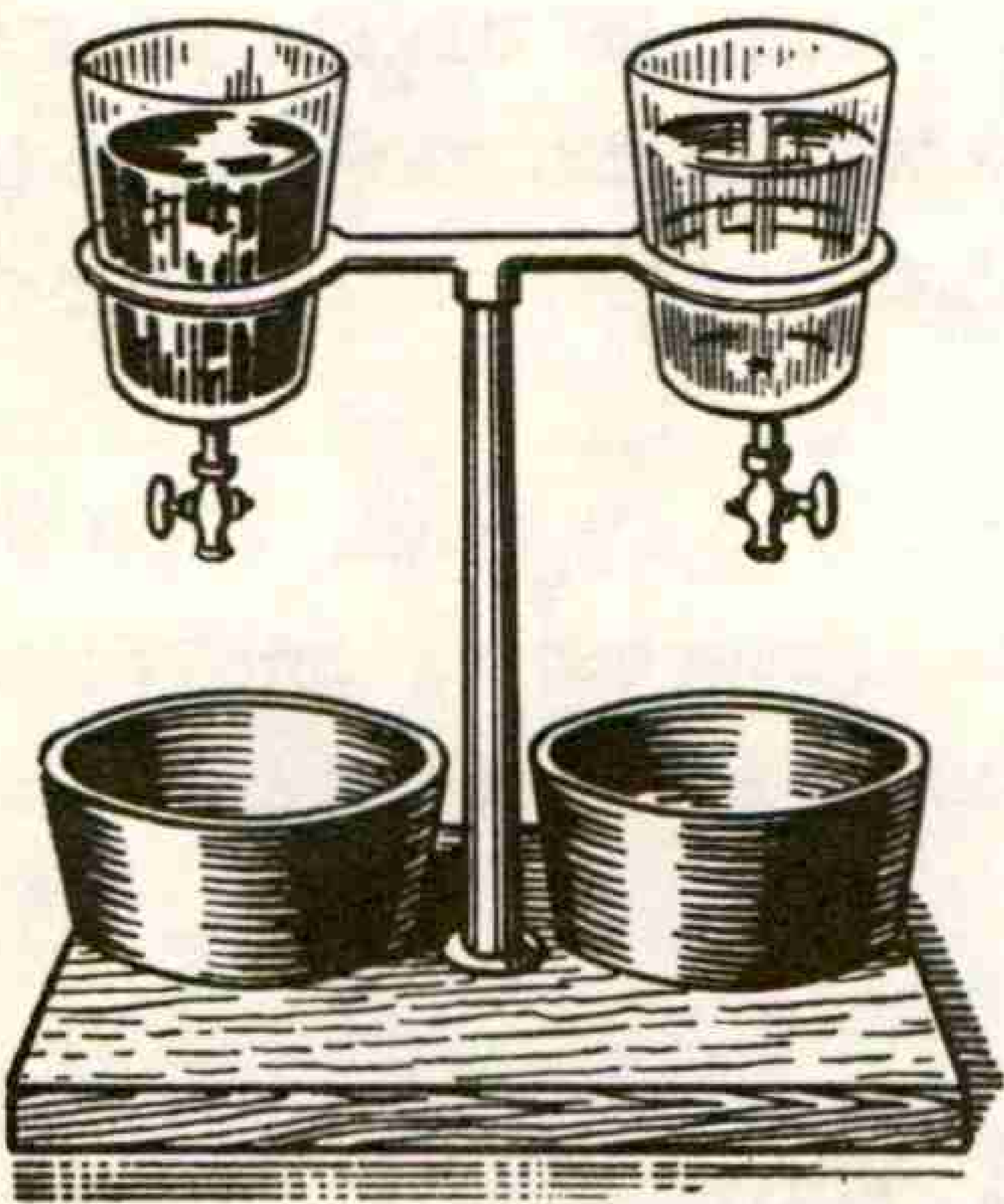
ఎందుచేత? గణన ఇంత సులభమే!

సులభమే, కాని ఒప్పు కాదు. నీరు మొదటినుంచి చివరదాక ఒకే వేగంతో వెలువడుతుందని అనుకోడం తప్పు. మొదటి గ్లాసు నిండాక రెండవది నిండడానికి కొంచెం హెచ్చు కాలం పట్టుతుంది. ఎంచేతంటే పాత్రలో నీటి మట్టం తగ్గిపోవడంచేత నీటి వత్తిడి తరిగిపోతుంది. యీకారణంచేతనే మూడవ గ్లాసు నిండడానికి మరింత హెచ్చు కాలం పట్టుతుంది.

మూతి తెరచి వున్న పాత్రలోని నీరు పాత్రలోని చిల్లిలోనుంచి కారే వేగం, చిల్లికి నీటి మట్టానికి మధ్య వుండే ఎత్తుకు అనుపాతంలో ఉంటుంది. యీ సంగతి మొట్టమొదట కనిపెట్టినవాడు గలీలియో శిష్యుడు టారిసెల్లీ అనే మేధావి. ఆయన నీరు కారే వేగాన్ని గణించడానికి ఒక చిన్న సూత్రం చెప్పాడు:

$$v=\sqrt{2gh}.$$

ఇందులో $v$ అన్నది నీరు వెలువడే వేగం. $g$ గురుత్వాకర్షణవల్ల కలిగే వేగవృద్ధి, $h$ అన్నది చిల్లిపైన నీటి మట్టం ఉండే ఎత్తు. దీనిని బట్టి ద్రవం వెలువడే వేగం దాని సాంద్రతపైన ఆధారపడదని స్పష్టమవుతుంది. ద్రవంయొక్క మట్టం ఉండే ఎత్తు ఒకటే అయినప్పుడు, తేలికయిన ఆల్కహోలు, బరువైన పాదరసము ఒకే వేగంతో వెలువడతాయి (చిత్రం 54). అంతేగాక భూమికన్న ఆరింతలు తక్కువ గురుత్వాకర్షణగల చంద్రుడిపైన ఒక గ్లాసు నింపాలంటే భూమిమీద పట్టే కాలానికి ఉజ్జాయింపుగా రెండున్నర రెట్లు హెచ్చు కాలం పట్టుతుంది.



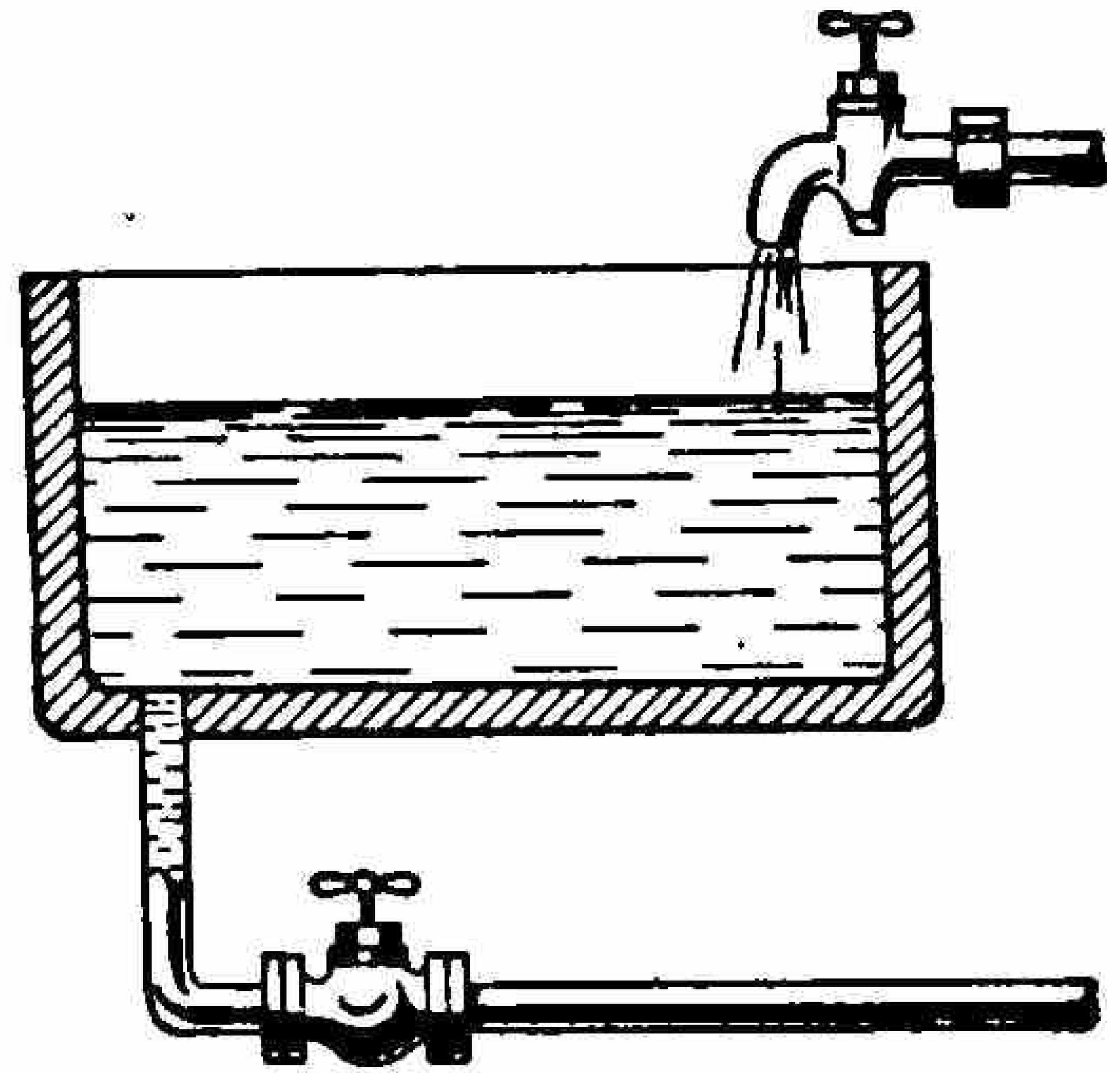
చిత్రం 54. ఏది ముందు కారిపోతుంది? పాదరసమా? ఆల్కహోలా? రెండు పాత్రలలోనూ ఒకే మట్టం ఉన్నది.

మన సమస్యకు తిరిగి వద్దాం. పాత్రనుంచి 20 గ్లాసుల నీరు తీసిన అనంతరం, కుళాయి ఎగువనున్న నీటి మట్టం నాలుగోవంతైన పక్షంలో 21 వ గ్లాసు నింపడానికి పట్టే కాలం మొదటి గ్లాసు నిండడానికి పట్టిన కాలానికి రెట్టింపు ఉంటుంది. అటుపైన పాత్రలోని నీటి మట్టం 9 దో వంతుకు తరిగి పోయినప్పుడు ఆఖరి గ్లాసులు నిండడానికి మూడింతల కాలం పట్టుతుంది. ఉన్నత గణితం సహాయంతో ఈ సమస్యను పరిష్కరించితే పాత్ర కాళీ కావడానికి పట్టే కాలం, పాత్రలోని నీటి మట్టం తరగకుండావుంటే పట్టే కాలానికి రెట్టింపు ఉంటుందని తెలుస్తుంది.

## నీటితొట్టె సమస్య

ప్రతి అంకగణితపు, బీజగణితపు పుస్తకంలోను విధిగా ఉండే తొట్టె లెక్క నేను చెప్పిన దానికి సంబంధించినదే. ఇలాటి దిక్కుమాలిన స్కూలు లెక్క మీకు జ్ఞాపకం ఉండి తీరుతుంది.

"ఒక నీటితొట్టెకు రెండు గొట్టాలున్నాయి. మొదటిది 5 గంటలలో ఖాళీ తొట్టెను నింపగలదు, రెండవది 10 గంటలలో నిండు తొట్టెను ఖాళీ చేయగలదు. రెండూ గొట్టాలు తెరచి ఉంచితే తొట్టె నిండడానికి ఎంతకాలం పట్టుతుంది?"



చిత్రం 55. నీటితొట్టె సమస్య.

ఈ రకం లెక్కలు అతి ప్రాచీనమైనవి. 20 శతాబ్దాల క్రితం అలగ్జాండ్రియా వాసి హిరోన్ ఇచ్చిన లెక్కలలో ఇది ఒకటి:

ఒక పెద్ద జలాశయంలో నాలుగు జలయంత్రాలు
మొదటిది జలయంత్రాన్ని ఒక్క రోజులో నింపుతుంది.
రెండవది ఆపని చెయ్యడానికి రెండు రోజులు పట్టుతుంది
మూడవది దాన్ని మూడు రోజులలో నింపుతుంది
నాలుగవది నాలుగు రోజులలో నింపుతుంది
అన్నీ ఒకేసారి ఆడితే జలాశయం ఎప్పటికి నిండుతుంది?

రెండువేల ఏళ్లుగా యీ జలాశయం సమస్యలను పరిష్కరిస్తూనే ఉన్నారు — కాని అలవాటు మహత్యం — రెండు వేల ఏండ్లూ తప్పుగానే పరిష్కరిస్తున్నారు. దానికి కారణం ఏమిటో పాత్రనుంచి నీరు కారే విధం గురించి పైనచెప్పబడినది తెలిసాక మీరే గ్రహిస్తారు. ఇంతకు యీ లెక్కకిచ్చే సాధన ఏమిటి? పైన చెప్పిన నీటితొట్టె లెక్కను ఇలా సాధిస్తారు. తొట్టెలోకి నీరు చేర్చే గొట్టం ఒక గంటలో తొట్టెలో 5 వ వంతును నింపుతుందనీ, బయటకు తీసుకుపోయే గొట్టం ఆ గంటలోనే తొట్టెలో 10 వ వంతు ఖాళీ చేస్తుందని అంటారు. రెండు గొట్టాలు తెరచి ఉన్నప్పుడు ప్రతి గంటకూ తొట్టెలో 10 వ వంతు $(^1/_5 - ^1/_{10} = ^1/_{10})$ నిండుతుంది, అంటే 10 గంటల కాలంలో తొట్టె నిండుతుందన్నమాట. ఈ లెక్కను ఇలా చెయ్యడమే తప్పు. తొట్టెలోకి వచ్చే నీరు ఎల్లప్పుడూ ఒకే వేగంతో (ఒకే పీడనంతో) రావచ్చుగాక, బయటకి వెళ్లే నీరుయొక్క వేగం తొట్టెలోని నీటి మట్టాన్ని బట్టి మారుతుంది. రెండో గొట్టము తొట్టెను 10 గంటలలో ఖాళీ చేస్తుందంటే, ప్రతి గంటకు తొట్టెలో 10 వ వంతు నీరు బయటకు పోతుందని కానే కాదు. ప్రాథమిక గణితంద్వారా ఈ లెక్కను సాధించలేం. అందుచేత నీటి తొట్టెలనుంచి నీరు కారడం గురించి అడిగే లెక్కలకు అంకగణిత పుస్తకాలలో చోటేలేదు.

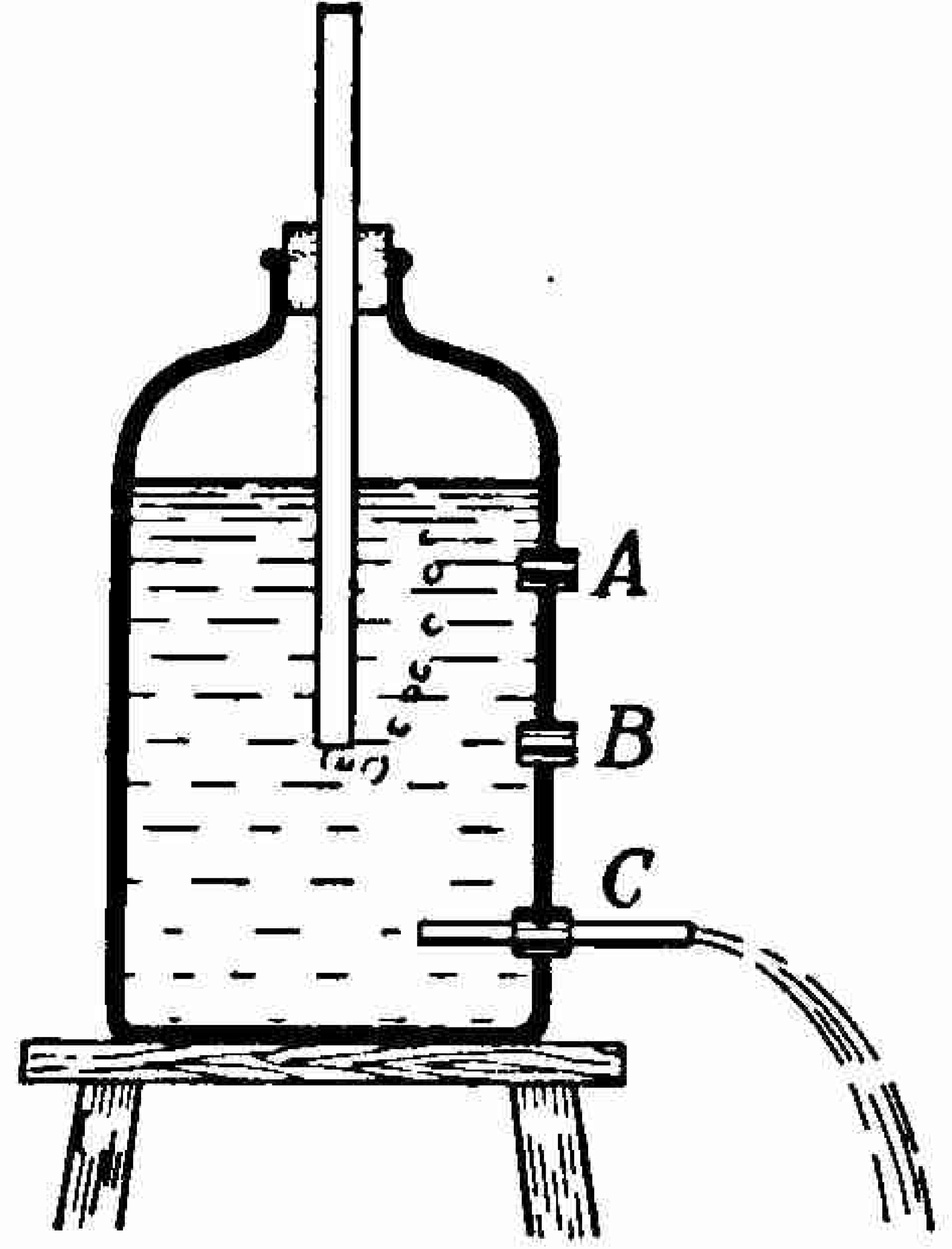
## విడ్డూరపు పాత్ర

నీటిమట్టం తరిగిపోతున్నప్పటికీ వేగం తగ్గకుండా ఒకే వేగంతో నీటిదారను వెలువరించే పాత్రను ఏర్పాటు చేయవచ్చా? ఇలాటి సమస్యను పరిష్కరించడం అసాధ్యమని మీరిప్పుడు అనుకుంటారనుకుంటాను.

అయితే అది సాధ్యమే. చిత్రం 56 లో చూపిన సీసా అలాటి విడ్డూరపు పాత్రే. అది సన్నని మూతిగల సాధారణమైన సీసా. దాని బిరడాలో ఒక గాజు గొట్టం అమర్చబడి ఉంటుంది. యీ గొట్టపు చివరకు దిగువగా వుండే $C$ అనే కుళాయిని తెరిచినప్పుడు, సీసాలో ఉండే ద్రవంయొక్క మట్టం గొట్టం దిగువ చివరను చేరేదాకా కుళాయినుంచి తగ్గని వేగంతో బయటికి వస్తుంది. గాజు గొట్టాన్ని దిగువ కుళాయి ఉన్న మట్టం వరకు దించి ఆ కన్నం పైగా నున్న ద్రవాన్నంతటినీ సమవేగంగల దారగా కారేటట్టు చేయొచ్చు. అయితే దార అతి సన్నగా ఉండొచ్చు.

దేనివల్ల ఇలా జరుగుతోంది? $C$ అనే కుళాయి తెరచినప్పుడు పాత్రలో ఏంజరుగుతుందో ఊహించండి. (చిత్రం 56.) నీరు బయటకు వస్తున్న కొద్దీ సీసాలో దాని మట్టం

దిగిపోతుంది. ఆకారణంచేత నీటికెగువగా సీసాలో ఉండే గాలి పలచబడిపోతుంటే గాజు గొట్టం నుంచి బయట గాలి పీల్చబడి బుడగలుగా వెలువడి సీసా పై భాగంలో చేరుతుంది. ఇప్పుడు $B$ అనే కుళాయియొక్క మట్టాన ఉండే పీడనం వాతావరణ పీడనానికి సమంగా ఉంటుంది. అందుచేత $C$ నుంచి వెలువడే నీరు $B$, $C$ లమధ్య ఉండే నీటి ఒత్తిడి ఫలితంగానే $C$ నుండి వెలువడుతుంది; సీసాలోపల, వెలుపల ఉండే వాతావరణపు ఒత్తిడి ఒకే ప్రమాణంలో ఉంటుంది. $B$, $C$ లమధ్య ఉండే నీటి ఎత్తుకు మార్పు ఉండదు గనక $C$ నుంచి నీరు ఒకే వేగంతో రావడంలో వింతలేదు.




చిత్రం 56. మరియోట్ సీసా మధ్య చ్ఛేదం. నీరు మార్పు లేని ధారలో వెలికి వస్తుంది.

ఇప్పుడీ ప్రశ్నకు సమాధానం చెప్పండి చూద్దాం: గొట్టం దిగువ చివరతో సమ మట్టంలో ఉన్న $B$ బిరడా తెరుస్తే నీరు ఎంత వేగంతో బయటకు వస్తుంది?

చిత్రమేమంటే నీరు బయటకి రా నే రా దు. (అయితే రంధ్రం అట్టే పెద్దదిగా ఉండకూడదు, లేని పక్షంలో రంధ్రం వెడల్పంత ఎత్తుగల నీటి స్తంభం ఒత్తిడికి నీరు వెలువడుతుంది.) సీసా లోపల, వెలుపలా కూడా ఉండేది వాతావరణ పీడనమే కాబట్టి నీటిని వెలువరించే శక్తి ఏమీ ఉండదు.

$A$ అనే రంధ్రాన్ని తెరిచామనుకోండి. అది గొట్టం దిగువ చివరకు ఎగువగా ఉన్నది. ఆ రంధ్రంనుంచి నీరు బయటకి రాక పోవటం అటుంచి గాలి లోపలికి ప్రవేశిస్తుంది. ఎందుచేత? పాత్రలోని యీ భాగంలో ఉండే పీడనం బయటి వాతావరణ పీడనం కన్నా తక్కువ ఉంటుంది గనుక.

యీ విచిత్ర గుణాలుగల పాత్రను సృష్టించినవారు మరియోట్ అనే ప్రసిద్ధ భౌతిక శాస్త్రవేత్త. అందుచేత దీనికి "మరియోట్ పాత్ర" అని పేరు వచ్చింది.

## గాలి బరువు

17 వ శతాబ్ది మధ్యకాలంలో రేగెన్స్‌బర్గ్ పౌరులు, చక్రవర్తితో సహా రాజవంశీకులు ఒక అద్భుత ప్రదర్శనాన్ని తిలకించారు. ఒకదానికొకటి వొక్కి పెట్టబడిన రెండు రాగి

అర్ధగోళాలను రెండు పక్కలా రెండెనిమిదులు, 16 గుర్రాలు పట్టి శాయశక్తులా లాగి వేరు చేయలేకపోయాయి. ఆ అర్ధగోళాలను నొక్కిపెట్టి ఉంచినదేమిటి? "ఏమీలేదు," గాలి. గాలి "ఏమీలేదు" కాదని, దానికి బరువున్నదని, భూమిపైనగల ప్రతీ వస్తువుమీద దాని పీడనం చాలా వుంటుందని యీవిధంగా ప్రత్యక్షంగా నిరూపించాడు బర్గోమాస్టర్ ఓటో ఫాన్ గెరికె.

1654 మే 8 న యీ ప్రయోగం చాల ఆర్భాటంగా జరిగింది. ఆరోజుల్లో దారుణమైన యుద్ధకాండ సాగుతూ రాజకీయ వాతావరణం అయోమయంగా ఉండినప్పటికీ శాస్త్రవేత్త అయిన బర్గోమాస్టరు (మేయర్) తను కనుపెట్టిన శాస్త్ర విషయాలతో ప్రతివొక్కరికీ ఆసక్తి కలిగించగలిగాడు.

యీ "మాగ్డిబర్గు అర్ధగోళాల" ప్రసిద్ధప్రయోగం గురించి ప్రతి భౌతికశాస్త్ర పాఠ్య పుస్తకంలోను చెప్పబడినప్పటికీ, "జర్మన్ గలీలియో" అని పిలవబడే గొప్ప భౌతిక శాస్త్రవేత్త గెరికె స్వయంగా చెప్పినది వినడానికి సంతోషిస్తారనుకుంటాను. 1672 లో ఆయన పరంపరగా చేసిన ప్రయోగాలన్నిటిని లాటిన్ భాషలో వివరించే లావుపాటి పుస్తకం ఒకటి ఆమ్‌స్టర్‌డామ్‌లో ప్రచురితమైంది. ఆకాలపు పుస్తకాలన్నిటిలాగే దాని పేరు అతి దీర్ఘంగా ఉండింది. అది ఇది:

| |
|---|
| ఓ టో ఫా న్ గె రి కె |
| వా యు వి ర హి త స్థ ల ము న కు సం బం ధిం చి న |
| మాగ్డిబర్గు ప్రయోగములని చెప్పబడునవి |
| తొలుత వర్ణించినవారు కా స్ప ర్ షె ట్ |
| వుర్జ్‌బర్గ్ విశ్వవిద్యాలయ గణితశాస్త్ర ప్రవీణులు. |
| విపులీకరించి పలువిధ నవీన ప్రయోగములను చేర్చి |
| గ్రంథకర్తచే ప్రచురితము. |

పైన చెప్పిన ప్రయోగం ఈ పుస్తకంలో 23 వ ప్రకరణంలో వర్ణించబడింది. దాని అనువాదం ఇదిగో:

"వాయు పీడనంచేత రెండు అర్ధగోళాలను 16 గుర్రాలు కలిపి కూడా వేరు చేయలేనంత దృఢంగా అతకవచ్చునని నిరూపించే ప్రయోగం.

"మాగ్డిబర్గ్ ఎల్ (550 మిల్లిమీటర్లు) లో $^3/_4$ వ వంతుకి సమానమైన వ్యాసంగల రెండు రాగి అర్ధగోళాలు తయారుచేయమన్నాను. అడిగిన దాన్ని హెచ్చు తక్కువ లేకుండ

చేయలేకపోవడం పనివాళ్లకి అలవాటే గనక వారు "ఎల్" లో 67 శాతం (ఎనిమిది పీసాలు) మాత్రమే వ్యాసంగలవి తయారుచేశారు. 2 అర్ధగోళాలు ఒకటిగానే ఉన్నాయి. లోపలి గాలి తీసివేయడానికి వెలుపలి గాలి లోపలికి వెళ్లకుండా ఆపడానికి ఒక అర్ధగోళానికి చిన్న మరగొట్టం చేయబడింది. గుర్రాల పగ్గాలకు కట్టిన తాళ్లు పోవడానికి గాను రెండు అర్ధ గోళాలకు నాలుగు రింగులు అమర్చబడి వుంటాయి. ఒక తోలు రింగు కూడా తయారుచేయించి, దాన్ని పారఫిన్, టర్పంటయినుల మిశ్రమంలో నానబెట్టి గాలి లోపలికి పోకుండా ఉండగలందు లకు దాన్ని రెండు రాగి అర్ధగోళాల మధ్య అమర్చాను. గాలి పంపుయొక్క గొట్టాన్ని స్టాప్ కాక్‌తో తగిలించి రాగిగోళంలోని గాలి తీసివేశాను. తోలు రింగు గుండా అర్ధగోళాలు రెండూ ఎంతో బలంగా ఒకదానికొకటి కరుచుకుపోవడం కనపడ్డది. బయటగాలి ఒత్తిడికి ఆ అర్ధ గోళాలు ఎంత బలంగా కరుచుకు పోయాయంటే పదహారు గుర్రాలు విసురుగా లాగినప్పటికీ వాటిని వేరు చెయ్యలేకపోయాయి. కనీసం వాటిని వేరు చెయ్యటానికి అవి చాలా శ్రమ పడ వలసి వచ్చింది. గుర్రాల శక్తికి అర్ధగోళాలు విడి పోయినప్పుడు తుపాకి పేల్చినట్టు ధ్వని వినపడింది.

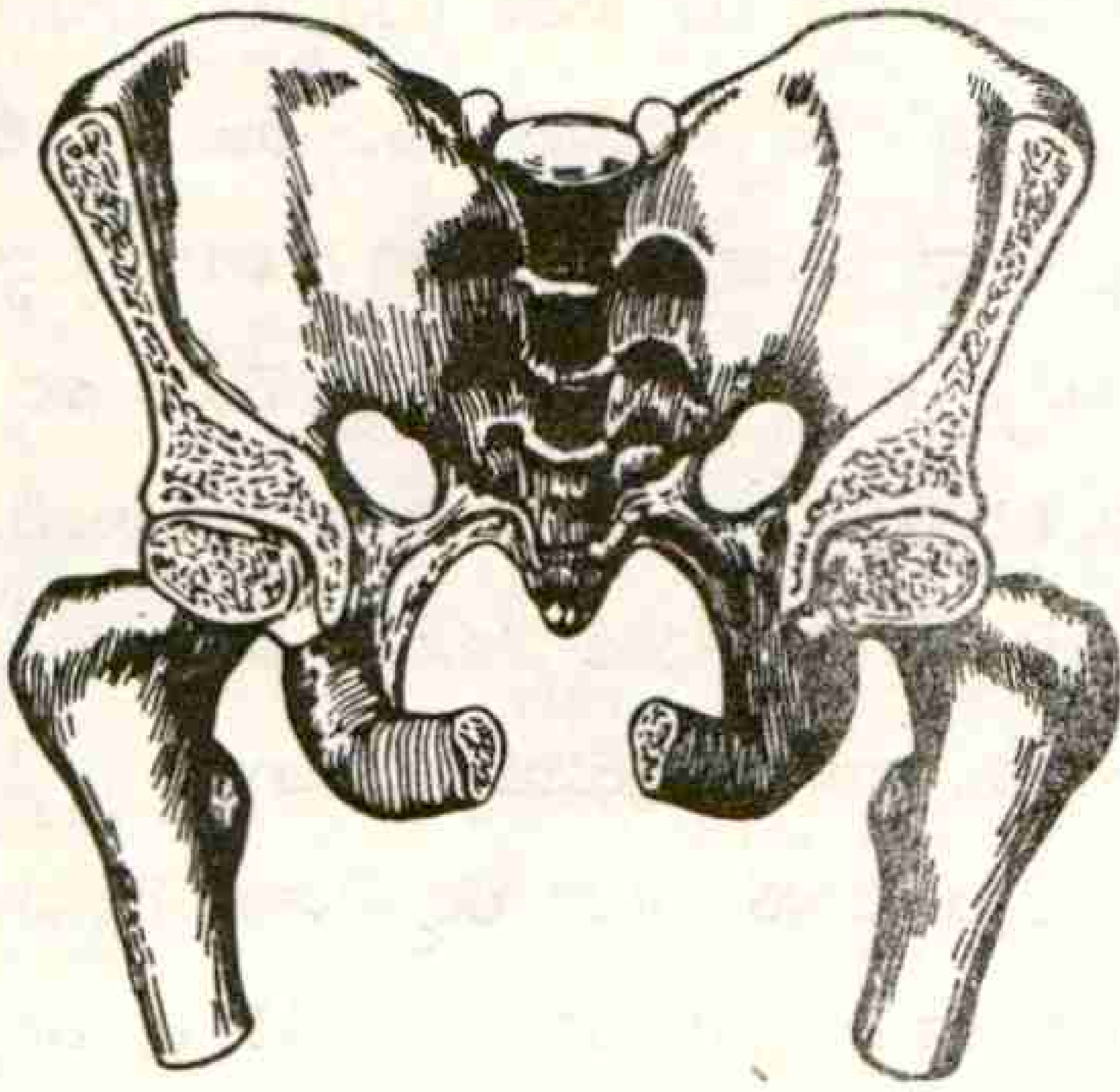
"కాని స్టాప్ కాక్‌ను కొంచెం తిప్పి గాలిని చొరనిస్తే ఉత్తచేతులతో గోళాలను వేరు చేయవచ్చు."

అటు ఎనిమిది, ఇటు ఎనిమిది గుర్రాలు కలిసి లాగితేగాని గోళం విడకపోయినది బలాన్ని సులువుగా గుణించవచ్చు. చదరపు సెంటిమీటరు పైన గాలి పీడనం సుమారు ఒక కిలోగ్రాము. 0.67 ఎల్ (37 సెంటిమీటర్లు) వ్యాసంగల వృత్తంయొక్క వైశాల్యం 1060 చదరపు సెం. మీటర్లు.* అందుచేత ఒక్కొక్క అర్ధగోళంపైన వాయుపీడనం 1000 కిలోగ్రాముల (ఒక టన్ను) కు మించి వుండాలి. అందుచేత యీ వాయుపీడనాన్ని జయించటానికి ఒక్కొక్క ఎనిమిదేసి గుర్రాల జట్టు ఒక్కొక్క టన్ను బలంతో లాగి వుండాలి.

ఎనిమిది గుర్రాలకు ఒక టన్ను ఏమంత బరువనిపిస్తుంది. కాని ఒక విషయం గుర్తుంచు కోండి, గుర్రాలు ఒక టన్ను బరువు లాగేటప్పుడు అవి అధిగమించే బలం టన్ను కాదు. అంతకన్న చాలా తక్కువ. చక్రాలకు ఇరుసుతోను రోడ్డుతోనూ ఏర్పడే ఘర్షణబలాన్ని

---

* వృత్తంయొక్క వైశాల్యమే లెక్కలోకి వస్తుంది కాని, అర్ధగోళంయొక్క ఉపరితలపు వైశాల్యం లెక్కలోకి రాదు. ఎందుచేతంటే వాతావరణ పీడనంయొక్క విలువ ఉపరితలానికి లంబకోణంలో ప్రయోగిత మయితేనే దిగువ చెప్పినట్టు వుంటుంది, వాలు తలం పైన తగ్గి వుంటుంది. అర్ధగోళాన్ని తీసుకున్నప్పుడు సమతలంపై దాని సమ కోణపు విక్షేపాన్ని మాత్రమే, అంటే వృత్తంయొక్క వైశాల్యాన్ని తీసుకుంటాము.



చిత్రం 57. మాగ్డిబర్గ్ అర్ధగోళాలలాగే మానవ కూపకం (కటి) కూడా వాతావరణపు పీడనం ఫలితంగా చేరుకుని ఉంటుంది.

మాత్రమే గుర్రాలు అధిగమిస్తాయి. ఒక టన్ను బరువు లాగేటప్పుడు తారు రోడ్డుమీద ఈ ఘర్షణబలం అంతా చేస్తే 5% (50 కిలోగ్రాములు) మించదు. (ఎనిమిది గుర్రాలు కలిసి లాగేటప్పుడు లాగుడు శక్తిలో సగం పోతుందని అనుభవంలో ఋజువయింది, ఆ మాట అలా ఉంచండి.) అందుచేత ఎనిమిది గుర్రాలు ఒక టన్ను లాగుడుబలాన్ని ప్రయోగించటమంటే 20 టన్నుల బరువుగల బండిని లాగటంతో సమానం. మాగ్డిబర్గు బర్గ్ మాష్టరుగారి గుర్రాలు లాగవలసి వుండిన గాలితో నిండిన మూట బరువు ఇంతటిది. పట్టాలమీద పెట్టని చిన్న రైలు ఇంజనును కదపవలసి ఉండిందని చెప్పొచ్చు.

లాగుడుబండి గుర్రం గంటకు 4 కిలోమీటర్ల వేగంతో నడిచేటప్పుడు 80 కిలోగ్రాముల లాగుడు శక్తి ప్రయోగించగలదు.* అందుచేత మాగ్డిబర్గు అర్ధగోళాలను వేరు చెయ్యటానికి సమమైన లాగుడుబలం ఉన్నపుడు $\frac{1000}{80}=13$ గుర్రాలు ఇరు పక్కలా వుండాలి.

మన అస్థిపంజరంలో కొన్ని కీళ్లు విడిపోవక పోవడానికి కారణం మాగ్డిబర్గు అర్ధగోళాలకున్న కారణమే అంటే మీకు ఆశ్చర్యం కలగవచ్చు. మాగ్డిబర్గు అర్ధగోళాలకు చక్కని వుదాహరణ మన కటి. (పొత్తికడుపు చుట్టునుండే ఎముకలగూడు.) దానిని పొదిగి వుండే కొండరాలను, తరుణాస్థిని తీసివేసినప్పటికీ అది అతికే వుంటుంది. దీనికి కారణం వాయు పీడనం — కీళ్లకు మధ్య గాలి లేదు.

---

* గుర్రంయొక్క లాగుడు శక్తి దాని బరువులో 15% ఉంటుందని తీసుకుంటారు. పందెపు గుర్రం బరువు సుమారు 400 కిలోగ్రాములు, లాగుడు గుర్రం బరువు సుమారు 750 కిలోగ్రాములు వుంటుంది. బహు కొద్ది సేపు — ఆరంభంలో — లాగే బలం అనేక రెట్లు అధికంగా ఉండవచ్చు.

# హిరోన్ జలయంత్రంలో కొత్త మార్పు

అలెగ్జాండ్రియావాసి అయిన ప్రాచీన మెకానిక్సుశాస్త్రవేత్త హిరోన్ సృష్టించినట్లు చెప్పబడే సాధారణ జలయంత్రం మీకు తెలిసే వుంటుంది. తమాషా అయిన ఈ పరికరంలో ఇటీవల జరిగిన మార్పులు చెప్పే ముందు దాని నిర్మాణం ఒక సారి జ్ఞాపకం చేస్తాను. హిరోన్ జలయంత్రంలో మూడు పాత్రలుంటాయి (చిత్రం 58). *a* అనేది ఎగువ పాత్ర పళ్లెం లాటిది, *b*, *c* లు గాలి చొరని గోళాకరపు పాత్రలు. మూడింటిని గొట్టాలు చిత్రంలో చూపిన విధంగా అనుసంధిస్తాయి. *a* లో కొద్దిగాను *b* లో నిండుగాను నీరుండి, *c* నిండా గాలి వున్నప్పుడు జలయంత్రం పనిచెయ్యనారంభిస్తుంది: *a* నుంచి గొట్టంగుండా *c* లోకి నీరు వచ్చి *c* లో వుండే గాలిని *b* లోకి పంపిస్తుంది. *b* లోకి వచ్చే గాలిపీడనంవల్ల *b* లో వున్న నీరు పైకి తోయబడి *a* కు ఎగువగా చిమ్ముతుంది. *b* నుంచి నీరంతా పైకి వెళ్లి పోగానే జలయంత్రం నిలిచి పోతుంది.

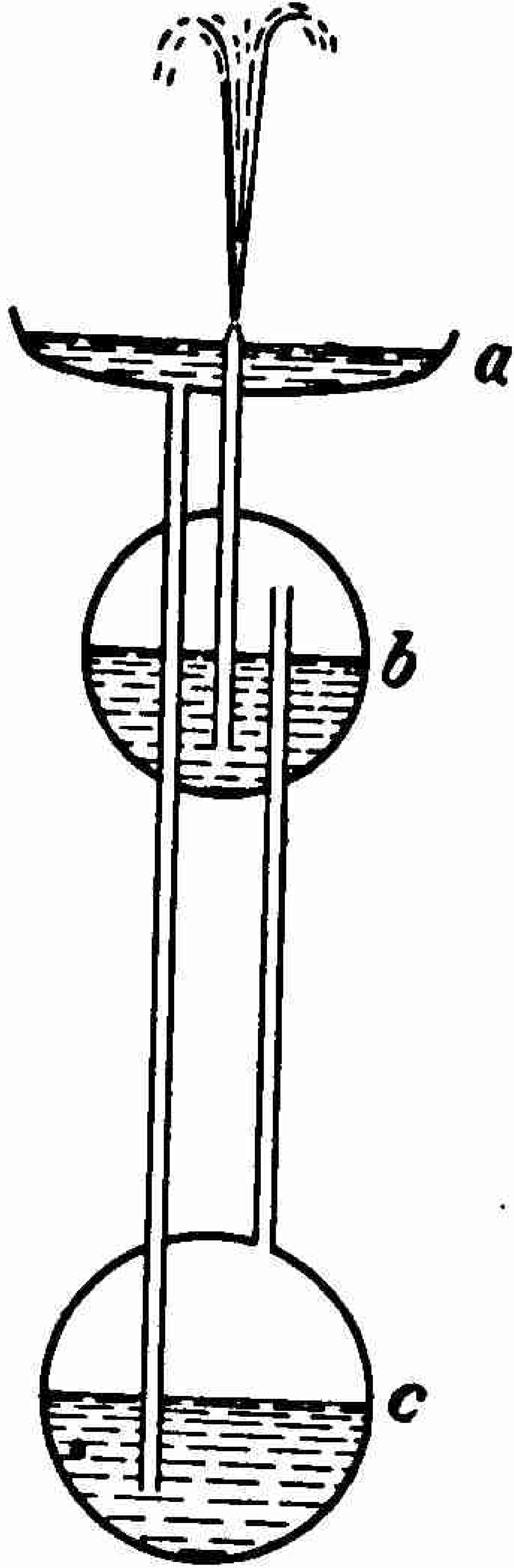
హిరోన్ జలయంత్రం పాతరూపం ఇలాటిది. ఇటీవల ఇటలీలో ఒక బడిపంతులు తన స్కూలులో భౌతికశాస్త్ర ప్రయోగశాలలో వుండే కొద్దిపాటి పరికరాలతోనే తన ఉపజ్ఞ ప్రదర్శించగోరి హిరోన్ జలయంత్రానికి కొన్ని మార్పులు చేసి దాని నిర్మాణాన్ని సులభం చేశాడు. దానిని ప్రతి ఒక్కరు అతి సామాన్యమయిన సాధనాలతో తయారుచేయవచ్చు. (చిత్రం 59.) గోళాకారంగల పాత్రలకు బదులు బుడ్లు, లోహపు గాజు గొట్టాలకు బదులు రబ్బరు గొట్టాలు వాడాడు. ఎగువ పాత్రలో రంధ్రం అక్కర లేదు. గొట్టాల చివరలను చిత్రం 59 లో చూపినట్టుగా పళ్లెంలో ఉంచవచ్చు.

ఈ విధమైన రూపభేదంలో పరికరం వాడుకకి చాలా అనుకూలంగా ఉంటుంది. *b* సీసానుంచి *a* ద్వారా *c* సీసాలోకి నీరంతా వెళ్లిపోయాక *b*, *c* లను అట్నించిటు పెడితే చాలు. జలయంత్రం మళ్లా ఆడుతుంది. అయితే నీరు వెలువడే రంధ్రంగల గొట్టపు చివరను కూడా మార్చడం మరిచిపోరాదు.

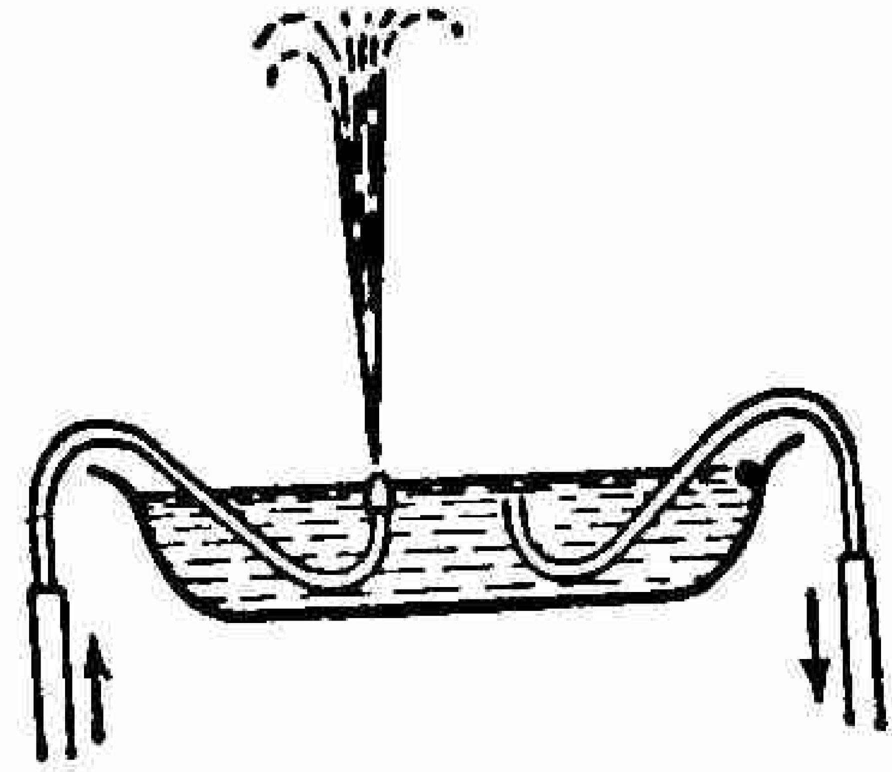
జలయంత్రంయొక్క ఈ రూపబేధానికి ఉన్న యింకొక సౌకర్యమేమిటంటే కావల న్నప్పుడు సీసాల స్థలాలను మార్చి వాటి మట్టాలలో గల తేడాయొక్క ప్రభావం జలయొక్క ఎత్తు పైన ఎలా వుండేది తెలుసుకోవచ్చు.

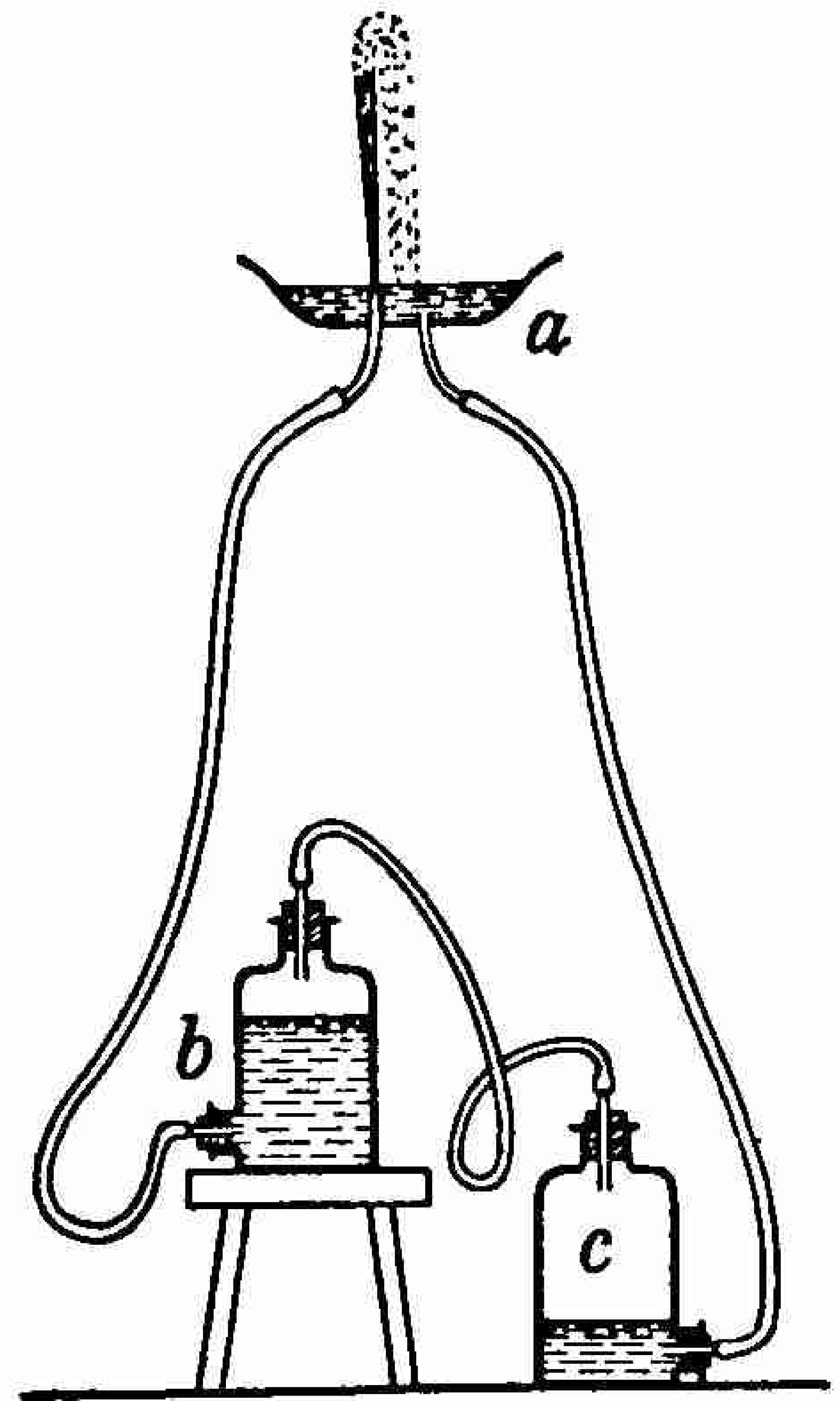
జలయొక్క ఎత్తు చాలా రెట్లు పెంచటానికి చెయ్యవలసినదల్లా ఏమంటే సీసాలలో నీటికి బదులు పాదరసం గాలికి బదులు నీరు నింపాలి. (చిత్రం 60.) పరికరం ఎలా పని చేస్తుందో అర్థం అవుతూనే ఉంది: పాదరసం *c* నుంచి *b* లోకి ప్రవహించేటప్పుడు నీటిని పైకి చిమ్ముతుందని స్పష్టంగా తెలుస్తుంది. పాదరసం నీటికన్న 13.5 రెట్లు బరువు

కనుక నీటిజలం ఎంత ఎత్తు లేచేది మనం గుణించవచ్చు. వేరువేరు ఎత్తులను $h_1$, $h_2$, $h_3$ అని సూచిద్దాం. పాదరసం *c* నుంచి *b* కి ఏఏ శక్తులవల్ల ప్రవహించేది చూదాం (చిత్రం 60). రెండు సీసాలను అనుసంధించే గొట్టంలోని పాదరసం పైన రెండువక్కలనుంచి




చిత్రం 58. హిరోన్ జలయంత్రం మధ్యచ్ఛేదం.






చిత్రం 59. హిరోన్ జలయంత్రం ఆధునిక రూపం (మధ్యచ్ఛేదం). ఎగువ: పైన ఉండే పాత్రకు రూపాంతరం.

పీడనం వుంటుంది. కుడివక్క రెండు సీసాలలోని పాదరసపు మట్టాలమధ్యగల తేడా, $h_2$ వల్ల కలిగేది (అది 13.5 రెట్లు ఎత్తుగల నీటి స్తంభపు పీడనానికి సమానం — లేక

$13.5\ h_2$), $h_1$ ఎత్తుగల నీటి స్తంభపు పీడనం. ఎడమ పక్క $h_3$ ఎత్తుగల నీటి పీడనం వున్నది. అందుచేత పాదరసం మీద కలిగే పీడనం

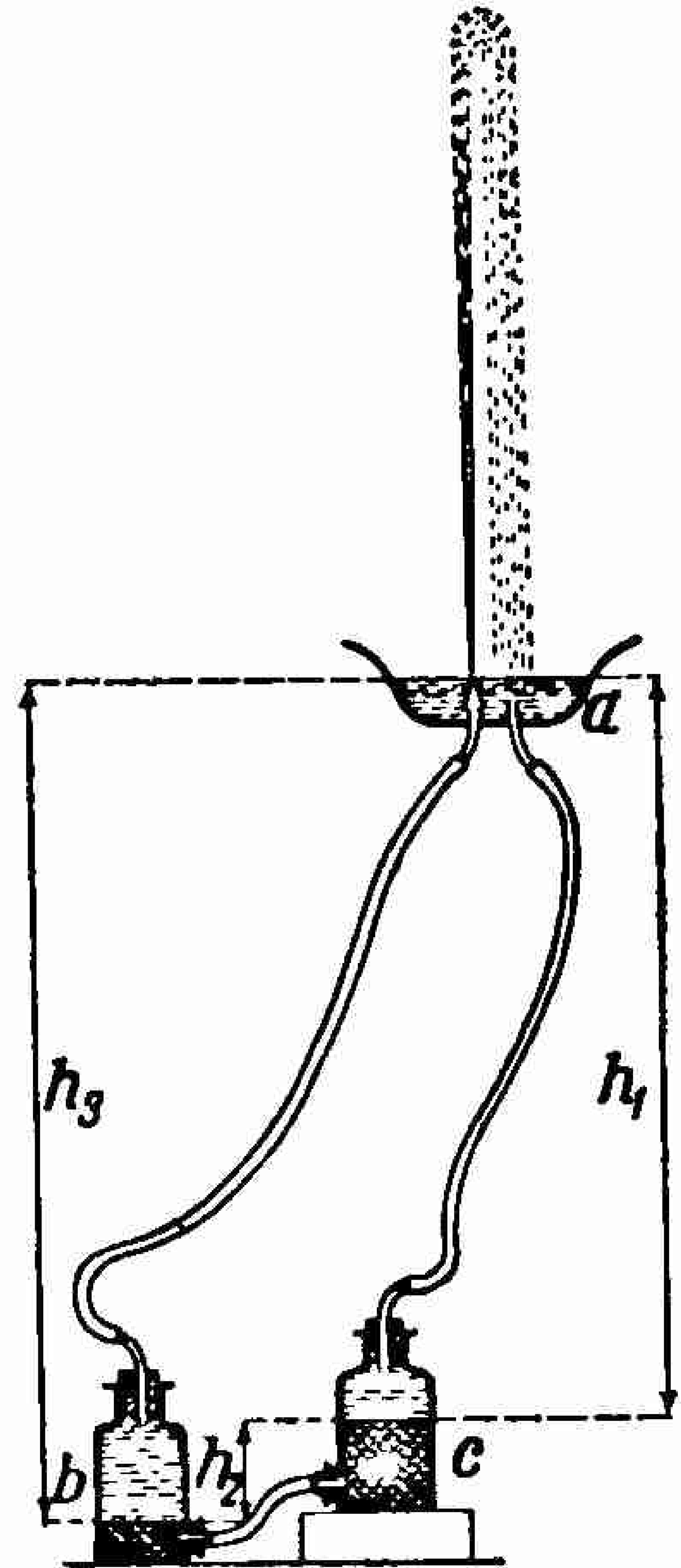
$$13.5\ h_2 + h_1 - h_3$$

అవుతుంది. అయితే $h_3 - h_1 = h_2$ కనుక

$$13.5\ h_2 - h_2$$

లేక $12.5\ h_2$. అందుచేత పాదరసాన్ని $b$ లోకి పంపించే పీడనం $12.5\ h_2$ ఎత్తుగల నీటి స్తంభపు పీడనానికి సమానం. అంటే శాస్త్రప్రకారం రెండు సీసాలలోను గల పాదరసం మట్టాలమధ్య ఎంత వ్యత్యాసం వుంటుందో అంతకు 12.5 రెట్లు ఎత్తుగా జల పైకిలేవాలి. అయితే ఘర్షణమూలాన జల ఎత్తు కొంచెం తక్కువ వుంటుంది.

ఏమైన యీ ఏర్పాటుతో ఎత్తైన జల సృష్టించవచ్చు. 10 మీటర్ల ఎత్తుగల జల కలిగించాలంటే ఒక సీసాకన్న రెండవది ఒక మీటరు ఎత్తుగా వుంచితే చాలు. ఒక తమాషా అయిన విషయం ఏమంటే $a$ అనే పాత్రను ఎంత పైకి ఎత్తినా జల ఎత్తు ఏమాత్రం పెరగబోదు. యీ విషయం మన లెక్కలో స్పష్టమవుతున్నది.



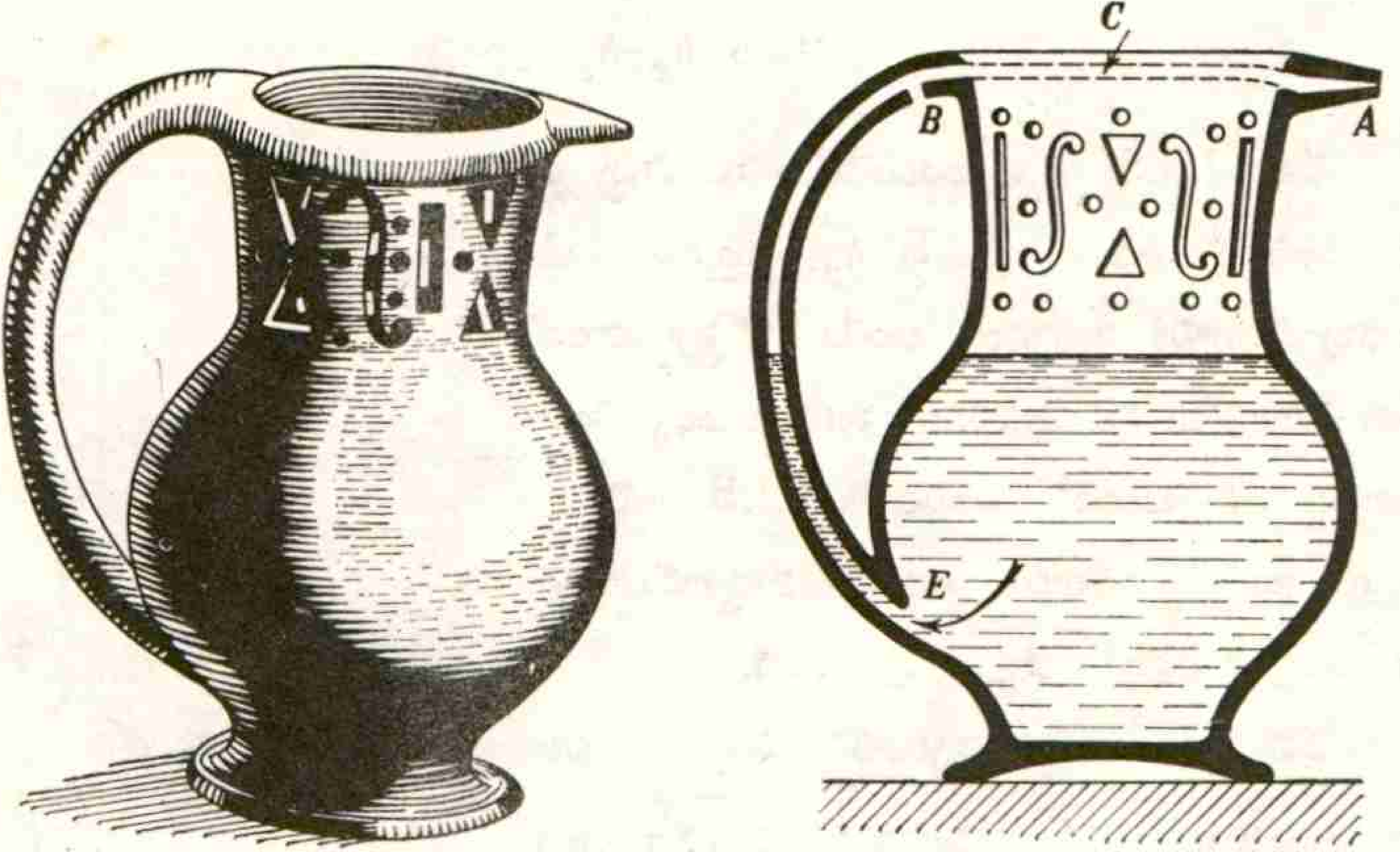

చిత్రం 60. పాదరస పీడనవలన పనిచేసే జలయంత్రంయొక్క మధ్యచ్ఛేదం. పాదరసపు మట్టాలలో గల వ్యత్యాసానికి పదింతలు ఎత్తుగా నీరు పైకి లేస్తుంది.

## తడవకుండా తాగు

17, 18 శతాబ్దులలో గొప్పింటివాళ్లు యీ దిగువ చెప్పిన జ్ఞానబోధకమైన ఆటవస్తువుతో సరదాగా కాలక్షేపం చేసేవారు. ఇది ఒక రకమయిన చెంబుగాని ముంతగాని అయివుండేది. దాని ఎగువ భాగంలో అలంకరణకోసం ఏర్పరచినట్టుగా పెద్ద పెద్ద కంత లుండేవి (చిత్రం 61). అలాటి పాత్రలలో మద్యం పోసి, తాగమని, గొప్పవాళ్లు తక్కువ వాళ్లకిచ్చి వారి అవస్త చూసి తమ తప్పలేకుండ నవ్వుకునేవారు. నిజానికి అందులోవించి

తాగడమెలా? దాన్ని వంచగానే మద్యమంతా కంతలలోనుంచి కారిపోతుందే; ఒక్క చుక్క కూడా నోటిలోకి రాదు.

అయితే ఇందులోని కిటుకు తెలిసినవారు — చిత్రం 61 లో కుడి పక్క చూపి ఉన్నది — *B* వద్దగల రంధ్రానికి వేలు అడ్డం పెట్టి, పాత్రను వంచకుండా, *A* వద్దగల




చిత్రం 61. ''తడవ వద్దు'' 18 వ శతాబ్ది పాన పాత్ర, దాని రహస్యం.

కొమ్మునుంచి పీల్చేవారు. అలా పీల్చినప్పుడు మద్యం *E* వద్దగల రంధ్రంనుంచి పైకి లేచి, చేతిలోని దారి ద్వారా పోయి *C* వద్ద అంచు చుట్టూగల ఖాళీ వలయంనుండి, కొమ్మును చేరుకుంటుంది.

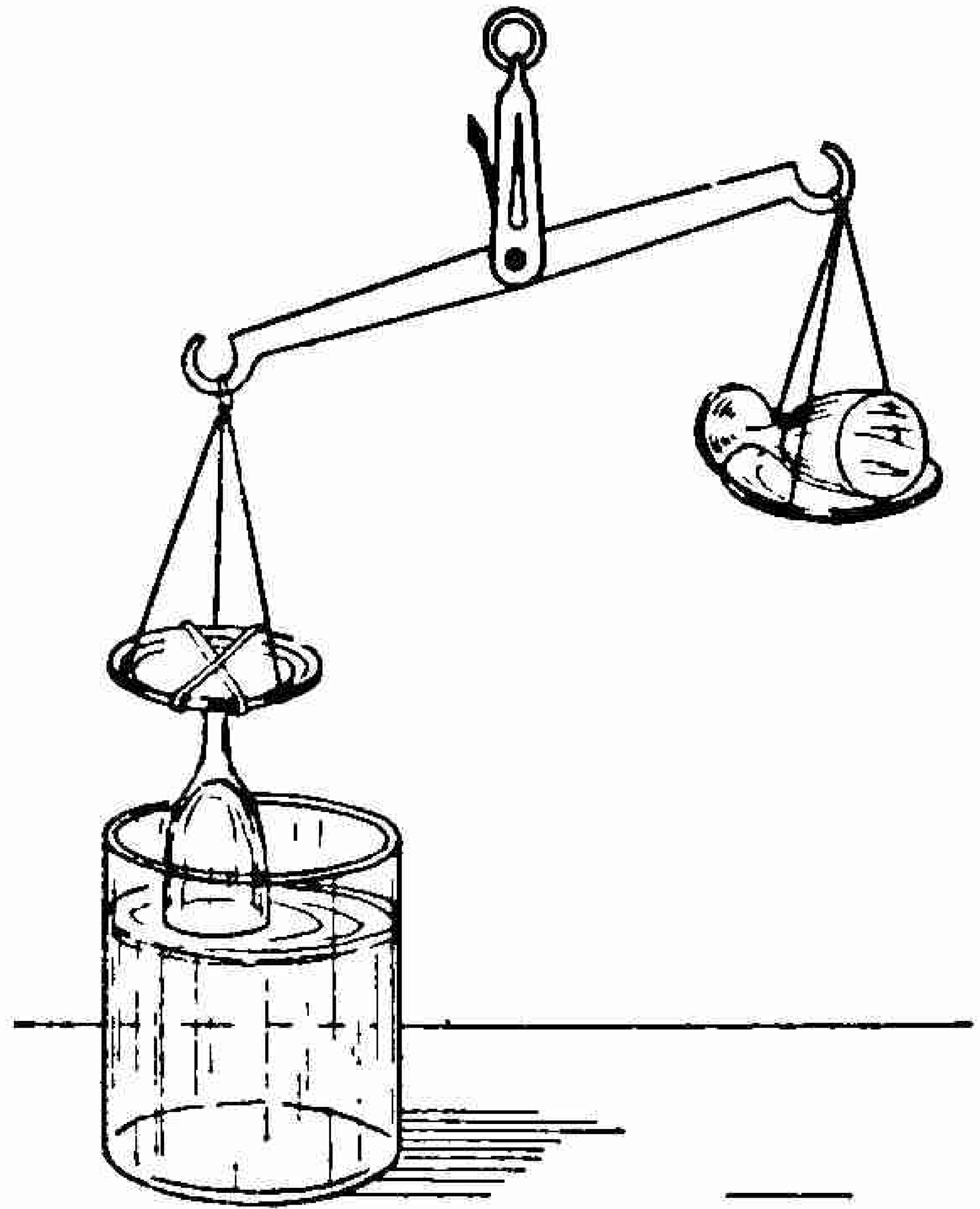
కొద్ది కాలం క్రితం వరకూ సోవియట్ యూనియన్‌లో ఇలాటి పాత్రలు తయారవుతూ ఉండేవి. నేను ఒక సారి అలాంటి పాత్రనొకటి చూసాను. పాత్ర నిర్మాణరహస్యాన్ని నేర్పుగా కనపడకుండా చేశారు. దానిపైన ''తాగు కాని తడవకు'' అని వ్రాసి ఉంది.

## తలకిందులుగా ఉండే గ్లాసులోని నీటి బరువెంత?

''ఎంతా లేదు, దానికి బరువే ఉండదు: అటువంటి గ్లాసులో నీరు నిలవదు, ఒలికి పోతుంది'' అని మీరనవచ్చు.

''ఒక వేళ నీరు ఒలకకపోతే? అప్పుడో?'' అని నేనడుగుతున్నాను.

నీరు ఒలకకుండా గ్లాసును తలకిందులు చేసే ఉపాయమున్నది. అది చిత్రం 62 లో చూపబడినది. త్రాసుయొక్క ఒక పళ్లెం దిగువన కట్టబడి తలకిందులుగా వున్న వైన్ గ్లాస్నిండా నీరున్నది. అయితే దాని మూతి పాత్రలోని నీటిలో మునిగి ఉన్నందువల్ల గ్లాసులోని నీరు ఒలకదు. త్రాసు రెండో పళ్లెంలో అలాటిదే మరొక వైన్ గ్లాసు ఖాళీది ఉన్నది.



చిత్రం 62. తలకిందులుగా ఉన్న గ్లాసులో నీటి బరువు తూచడం.

రెండు పళ్లేలలోను ఏది ఎక్కువ బరువు?

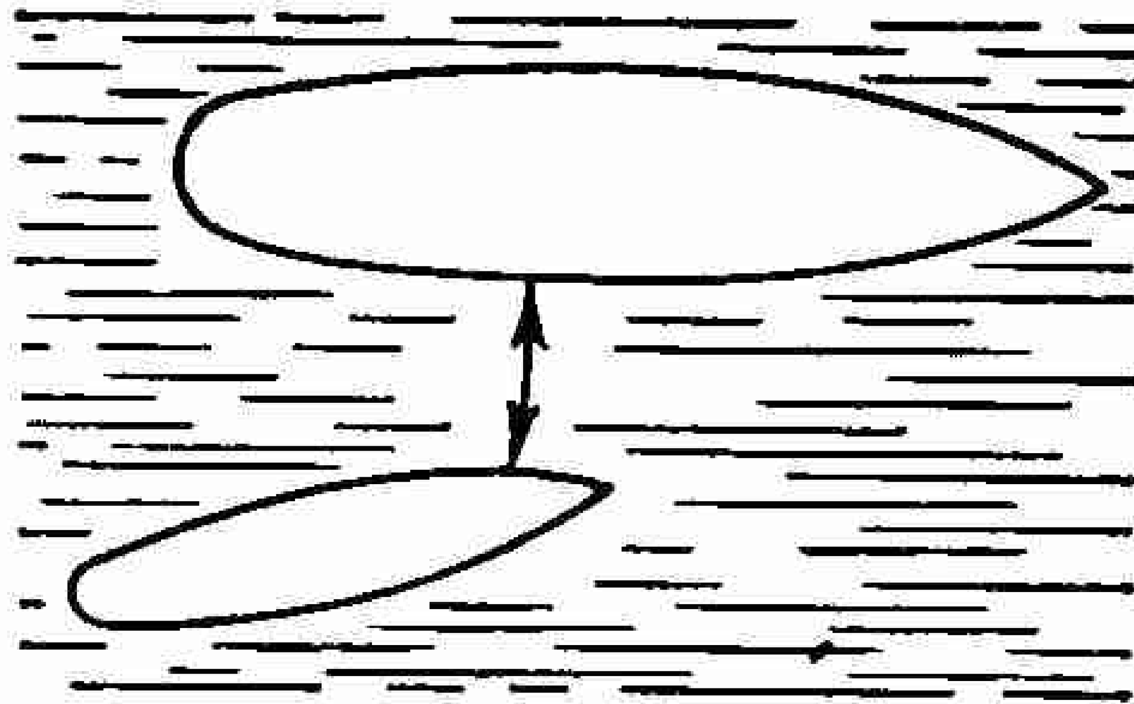
నీరు నిండి, తలకిందులుగా ఉన్న గ్లాసు కట్టబడిన పళ్లెమే ఎక్కువ బరువు. ఎందుకంటే దానికి పైనుంచి వాతావరణ పీడనం ఉంటుండగా, దిగువనుంచి వాతావరణ పీడనంకంటె తక్కువ పీడనం ఉంటుంది. ఆ తరుగుదల గ్లాసులోని నీటి బరువుకు సమానంగా ఉంటుంది.

అందుచేత, తూకం సరిగ్గా ఉండాలంటే రెండవ పళ్లెంలోని ఖాళీ గ్లాసును నీటితో నింపాలి. కనుక పై సందర్భంలో తలకిందులుగా ఉండే నీటి బరువు, నిలిచివుండే గ్లాసులోని నీటి బరువు ఒకటే.

## నౌకలు పరస్పరం ఎందుకు ఆకర్షించుకుంటాయి?

1912 హేమంతంలో ఆనాటి ప్రయాణ నౌకలలోకల్లా పెద్దవాటిలో ఒకటైన "ఒలింపిక్" సముద్రంలో ప్రయాణిస్తున్నది. ఆసమయంలో "హాక్" అనే యుద్ధనౌక, "ఒలింపిక్" కన్న చాలా చిన్నది, దానికి సమాంతరంగా కొన్ని వందలమీటర్ల ఎడంగా చాలా వేగంతో నడుస్తోంది. రెండు నౌకలు చిత్రం 63 లో చూపినవిధంగా వున్న సమయంలో ఎవరూ

ఊహించని సంగతి జరిగింది: ''హాక్'' ఏదోశక్తి ఆవహించినట్టుగా, తాను వెళ్ళే మార్గానికి పెడతిరిగి చుక్కానికి కూడా లక్ష్య పెట్టకుండా ''ఒలింపిక్'' కేసి వచ్చి, దాన్ని గుద్దేసింది. ''హాక్'' తన ముందుభాగంతో ''ఒలింపిక్'' పక్కలోకి చొచ్చుకుపోయినది. అది ఎంత బలంగా గుద్దిందంటే ''ఒలింపిక్'' పక్కలో పెద్ద పగులు ఏర్పడింది.



చిత్రం 63. ఢీకొనే ముందు ''ఒలింపిక్,'' ''హాక్'' నౌకలున్న స్థితి.

ఈ వింత సంఘటనపై నావికుల కోర్టు విచారణ జరిపి అడ్డంగా పోయే ''హాక్''కు దారి ఇమ్మని దళానికి ఆజ్ఞ ఇచ్చేదుకాదు కనుక ''ఒలింపిక్'' యొక్క కేప్టెనుదే తప్పని తీర్పు ఇచ్చారు.

అతని అశ్రద్ధచేత ప్రమాదం జరిగిందని నిర్ణయించడంచేత కోర్టువారికి ఈ సంఘటనలో వింత ఏమీ కనిపించలేదు. కాని వాస్తవానికి యీ ప్రమాదానికి అసలు కారణం ఎవరూ ఊహించనిది. — సముద్రం మీది నౌకల మధ్య పరస్పరాకర్షణం.

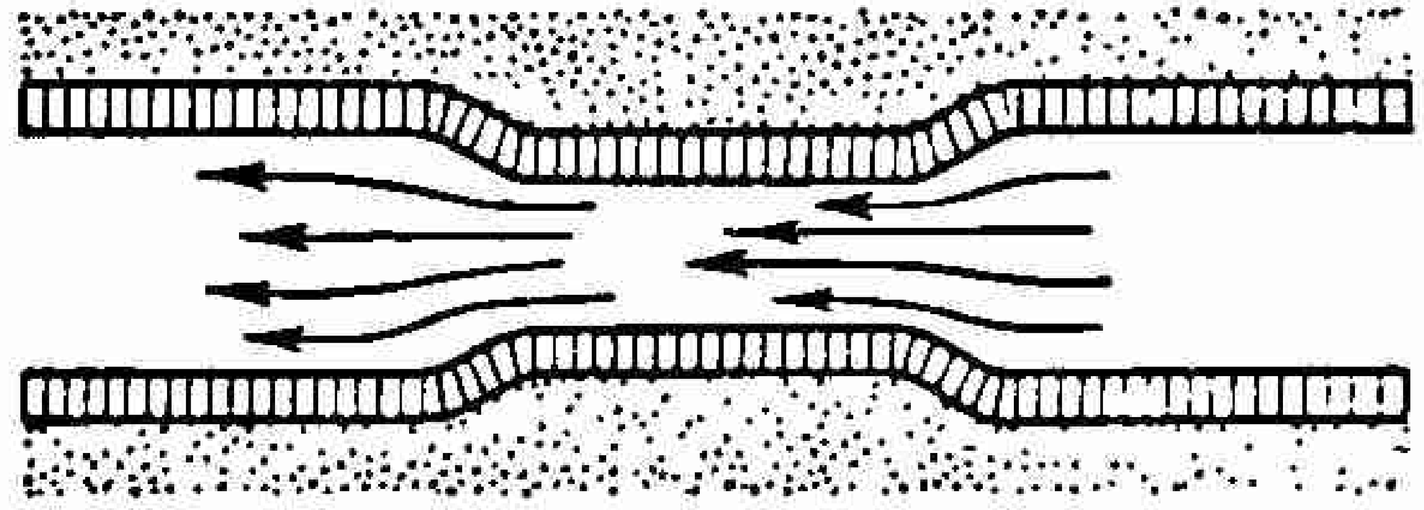
ఒకదానికొకటి సమాంతరంగా ప్రయాణించే నౌకలు లోగడ కూడా ఇలాగే ఆకర్షణకు గురి అయి ఉండాలి. అయితే చిన్న చిన్న నౌకలమధ్య ఉండే ఆకర్షణ అంతగా తెలియ రాలేదు. ఇప్పుడు ప్రయాణించే నౌకలు సముద్రంపైన తేలుతూన్న నగరాలంతేసివి రః ఆకర్షణ గనుక కొట్ట వచ్చినట్టు తెలుస్తుంది; యుద్ధనౌకలు నడిపేవాళ్ళు దీని విషయమై తగు జాగ్రత్త పడుతూనే ఉన్నారు.

పెద్ద యుద్ధనౌకల, ప్రయాణ నౌకల సమీపంలో ప్రయాణం చేస్తున్న చిన్న నౌకలు తరచుగా పెద్ద నౌకలతో ఢీకొనడానికి బహుశా ఇదే కారణం కావచ్చు.

ఈ ఆకర్షణకు కారణమేమిటి? న్యూటన్ ప్రతిపాదించిన గురుత్వాకర్షణ సూత్రానికి దీనికి ఏమీ సంబంధంలేదు. అలాంటి ఆకర్షణ చాలా అల్పమైనదని మనం నాల్గవ అధ్యాయంలో తెలుసుకొని ఉన్నాం. దీనికి వేరు కారణం ఉన్నది. అది, గొట్టాలలోను, కాలువలలోను ద్రవాలు ప్రవహించడానికి సంబంధించిన సూత్రాలనుంచి ఏర్పడినది. వెడల్పులో హెచ్చు

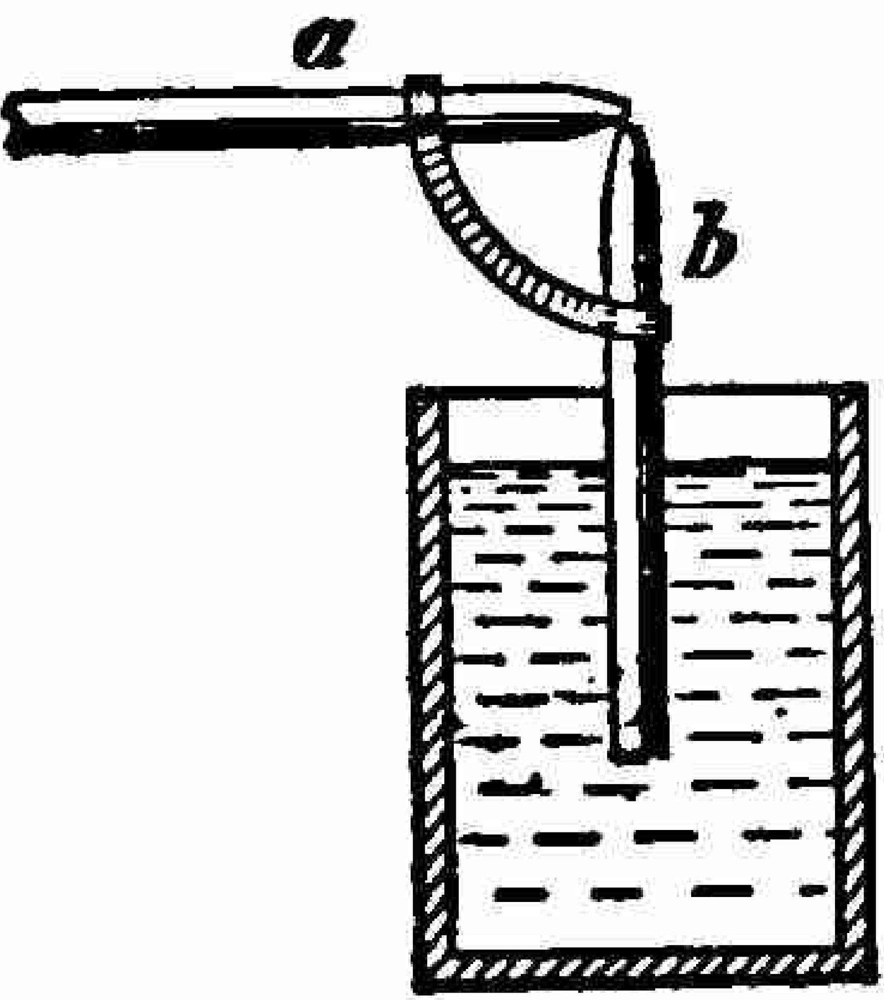
తగ్గులు గల కాలువలగుండా నీరు ప్రవహించేటప్పుడు తక్కువ వెడల్పుండే ప్రాంతాలలో నీటివేగం హెచ్చుగా ఉండి, ఒడ్డులపైన దాని. పీడనం తక్కువగా ఉంటుందని, వెడల్పు హెచ్చుగా ఉండే ప్రాంతాలలో నీటివేగం తక్కువగా ఉండి ఒడ్డులపై దాని పీడనం హెచ్చుగా ఉంటుందని ఋజువు చేయవచ్చు. దీనిని బెర్నూలీ సూత్రమంటారు.

వాయువుల విషయంలో కూడా యింతే. అయితే వీటి సందర్భంలో ఈ దృగ్విషయాన్ని క్లెమెంట్-డిసోర్మ్ ఫలితం అంటారు. దానిని కనిపెట్టిన భౌతికశాస్త్రజ్ఞుల పేరు పెట్టారు. దీనినే "వాయు స్థైతిక విపరీతము" (aerostatical paradox) అని కూడా అంటారు.



చిత్రం 64. సన్నగా ఉన్న కాలువ భాగంలో నీటి వేగం హెచ్చుగానూ, గట్లపై దాని పీడనం తక్కువగానూ ఉంటుంది.

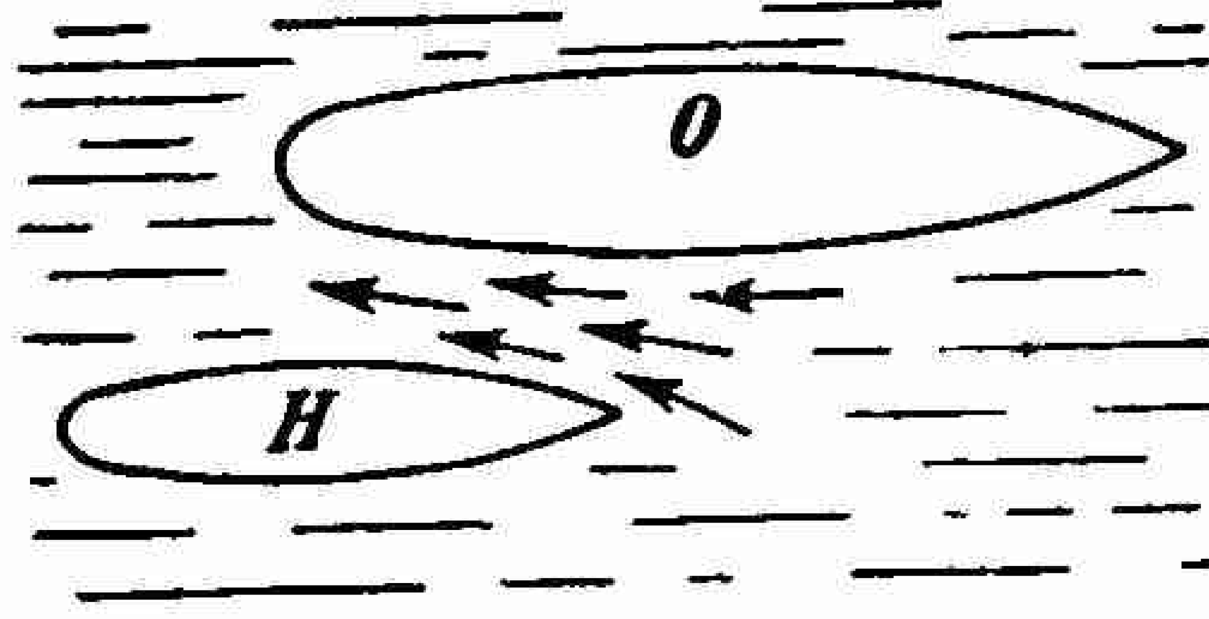
దీనిని ఈ క్రింది పరిస్థితిలో కనిపెట్టారట. ఫ్రాన్సులోని ఒక గనిలోకి అధికపీడనంలో గాలి పంపే గొట్టం మూతిని చెక్కతో మూసెయ్యమని ఒక పని వాణ్ణి పురమాయించారు. గొట్టంలోనుంచి వెలువడే గాలితో సతమతమవుతూ ఉండగా ఉన్నట్టుండి చెక్క గొట్టానికి బలంగా కరుచుకు పోయింది. ఆ చెక్క గొట్టంకన్న పెద్దదిగనుక సరి పోయింది గాని, లేకపోతే అదీ, పనివాడూ కూడా "వెంటి లేషన్" గొట్టంలోకి దూరిపోవలసిందే. వాయు ప్రవాహాలకు గల ఇలాటి గుణం పైననే "ఆటమైజర్" (ద్రవాలని సూక్ష్మమైన తుంపరల రూపంలో ప్రసారంచేసే యంత్రం) పనిచేసే విధానం ఆధారపడివున్నది. చివరకు సన్నబడిన *a* అనే గొట్టం (చిత్రం 65) లోకి ఊదినట్ట యితే గొట్టపు సన్నని భాగంలో గాలియొక్క పీడనం తగ్గిపోతుంది. దీని ఫలితంగా *b* అనే సూచి రంధ్రం ఎగువ గాలి పీడనం తగ్గిపోయి వాతావరణ పీడనం మూలంగా పాత్రలోని ద్రవం గొట్టంద్వారా పైకి వస్తుంది. సూచి రంధ్రంలోనుంచి పైకి వచ్చేద్రవం గాలిజెట్‌లో పడి బాష్పీకరణం పొందుతుంది.




చిత్రం 65. ఆటమైజర్ సూత్రం.

నౌకల మధ్య ఆకర్షణ ఎలా ఏర్పడేది ఇప్పుడు మనకు అర్థమవుతుంది. రెండు నౌకలు సమాంతర మార్గాలలో నడచేటప్పుడు వాటి మధ్య నీటికాలువ ఏర్పడుతుంది.

మామూలు కాలువలో ఒడ్లు కదలకుండా ఉండి నీరు కదిలితే యీ కాలువలో నీరు కదలదు, ఒడ్లు కదులుతాయి. అంతే తేడా. యీ తేడావల్ల బలాల ప్రభావంలో మార్పేమి ఉండదు. యీ కదిలే కాలువలో ఒడ్లు తక్కువ ఎడంలో ఉన్నచోట పడవల చుట్టూ కన్నా నీటి పీడనం తక్కువగా ఉంటుంది. అంటే నౌకల వెలుపలి పక్కల పైన కన్నా ఎదురెదురు పక్కలపైన నీటి పీడనం తక్కువగా ఉంటుంది. దాని ఫలితమేమిటి? నౌకల వెలుపలి పక్కల ఉండే హెచ్చు పీడనం వాటిని దగ్గరగా చేర దోస్తుంది. యీ పీడనం సహజంగా చిన్న




చిత్రం 66. రెండు కదిలే నౌకల మధ్య ప్రవాహం.

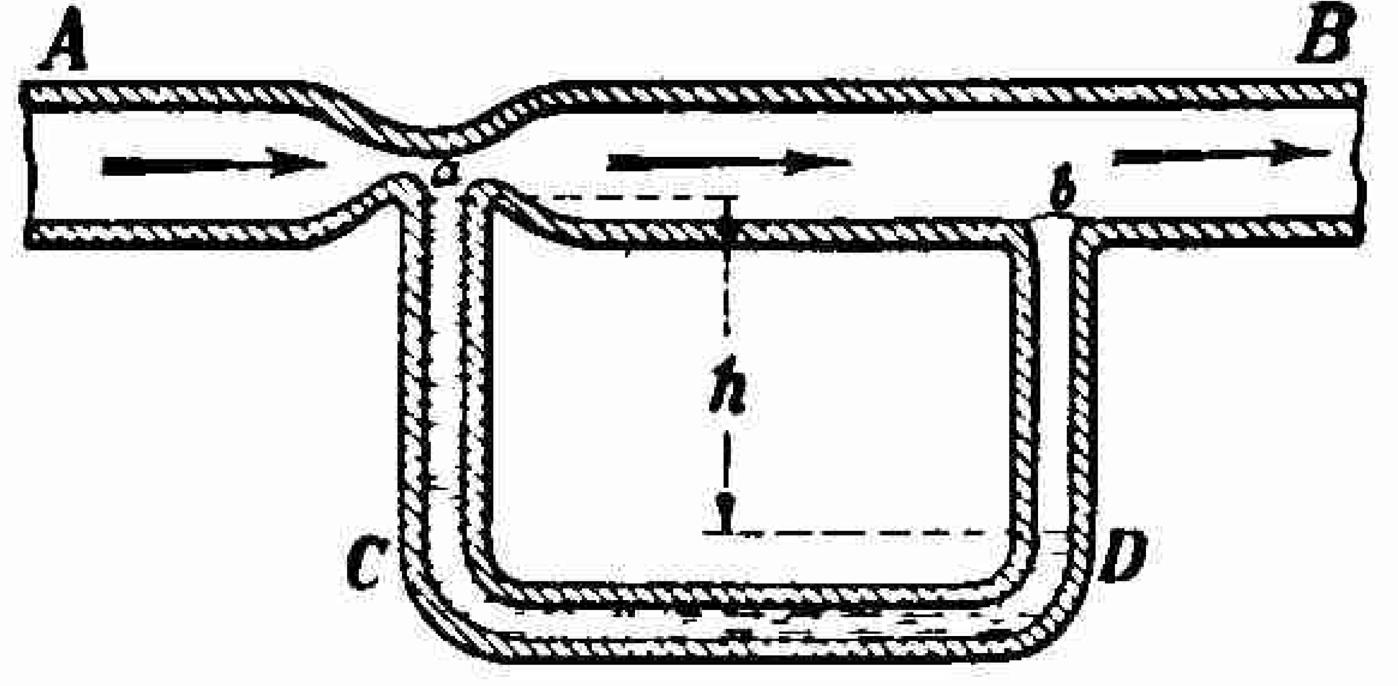
నౌకలపైన హెచ్చుగా ఉంటుంది. అందుచేత చిన్న నౌక జరగటం ప్రత్యక్షంగా కనబడుతుంది. పెద్ద నౌక జరగటం కనిపించను కూడా కనిపించదు. అందుచేతనే ఒక పెద్ద నౌక జోరుగా చిన్న నౌకను దాటి వెళ్లేటప్పుడు ఆకర్షణ ప్రబలంగా ఉంటుంది.

ఒక ముక్కలో చెప్పాలంటే నౌకల మధ్య ఆకర్షణ నీటి పీల్పువల్ల ఏర్పడుతుంది. స్నానం చేసేవారికి ఝురులవల్ల సుడిగుండాలవల్ల ప్రమాదం ఉండడానికి కూడా కారణం ఇదే. సెకండుకు ఒక మీటరు వేగంతో ప్రవహించే నీరు సయితం మనిషిని 30 కి.గ్రా. బలంతో లాగుతుందని లెక్కగట్టవచ్చు. అంత బలానికి తట్టుకోవటం తేలిక కాదు. ముఖ్యంగా నీటిలో ఎందుచేతంటే మనం స్థిమితంగా ఉండడానికి మన బరువు చాలదు. బెర్నూలీ సూత్రం ప్రకారమే వేగంగా వెళ్లే రైళ్లు మనని ఆకర్షిస్తాయి. గంటకు 50 కిలోమీటర్ల వేగంతో పరిగెత్తే రైలు సమీపాన ఉండే వ్యక్తిని సుమారు ఎనిమిది కిలోగ్రాముల బలంతో ఆకర్షిస్తుంది.

బెర్నూలీ సూత్రానికి సంబంధించిన విషయాలు సాధారణంగా అనుభవం అయినప్పటికీ వాటి గురించి మామూలు ప్రజలకు దాదాపు ఏమి తెలియదు. అందుచేత ఆ ఘటనలను వివరించడం ప్రయోజనకరంగా ఉంటుందనుకుంటాను. ఒక పాప్యులర్ సైన్సు పత్రికలో యీ విషయం గురించి ప్రొఫెసర్ ఫ్రాంక్లిన్ రచించిన వ్యాసంలోని అంశాలు దిగువ ఇవ్వ బడ్డాయి.

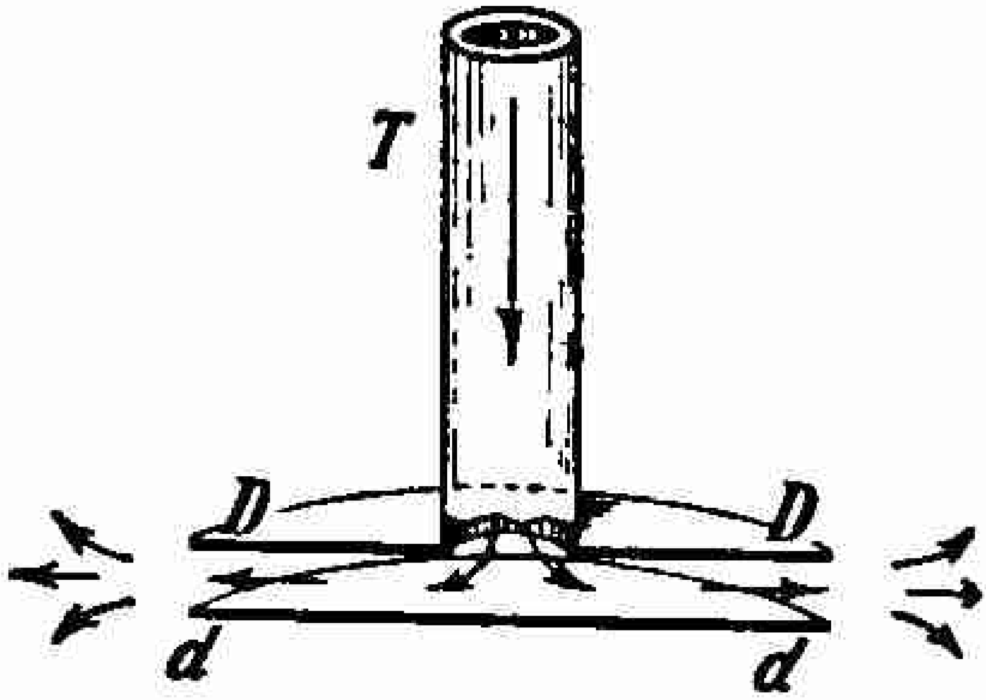
# బెర్నూలీ సూత్రం — దాని ఫలితాలు

1726 లో మొదటగా బెర్నూలీ ప్రతిపాదించిన యీ సూత్రం ఏమంటే వాయు ప్రవాహంలోను, జలప్రవాహాలలోను వేగం హెచ్చుగా ఉంటే పీడనం తక్కువగాను వేగం తక్కువగా ఉంటే పీడనం హెచ్చుగాను ఉంటుంది. యీ సూత్రానికి కొన్ని హద్దులున్న మాట నిజమేగాని వాటిని గురించి యిక్కడ చర్చించబోము.




చిత్రం 67. బెర్నూలీ సూత్ర వివరణ. *AB* అనే గొట్టంలో *a* అనే నొక్కువద్ద ఉండే పీడనం వెడల్పయిన భాగంలో *b* వద్ద ఉండే దానికన్నా తక్కువ.

చిత్రం 67 ఈ సూత్రాన్ని స్పష్టం చేస్తుంది. *AB* గొట్టములో నుంచి గాలిని పంపుతారు. గొట్టంలో *a* వద్ద ఉన్నట్టు మధ్యచ్ఛేదము తక్కువగా ఉంటే గాలి వేగము హెచ్చుగాను, విశాలంగా ఉంటే (*b* వద్దలాగ) వేగం తక్కువగాను ఉంటుంది. వేగం హెచ్చుగా ఉంటే పీడనం తక్కువగాను వేగం తక్కువగా ఉంటే పీడనం హెచ్చుగాను వుంటుంది. *a* వద్ద గాలి పీడనం తక్కువ కావడంచేత *C* అనే గొట్టంలో ద్రవం పైకి లేస్తుంది. *b* వద్ద గాలి పీడనం హెచ్చుకావడం చేత *D* గొట్టంలోని నీరు క్రిందికి దిగుతుంది.

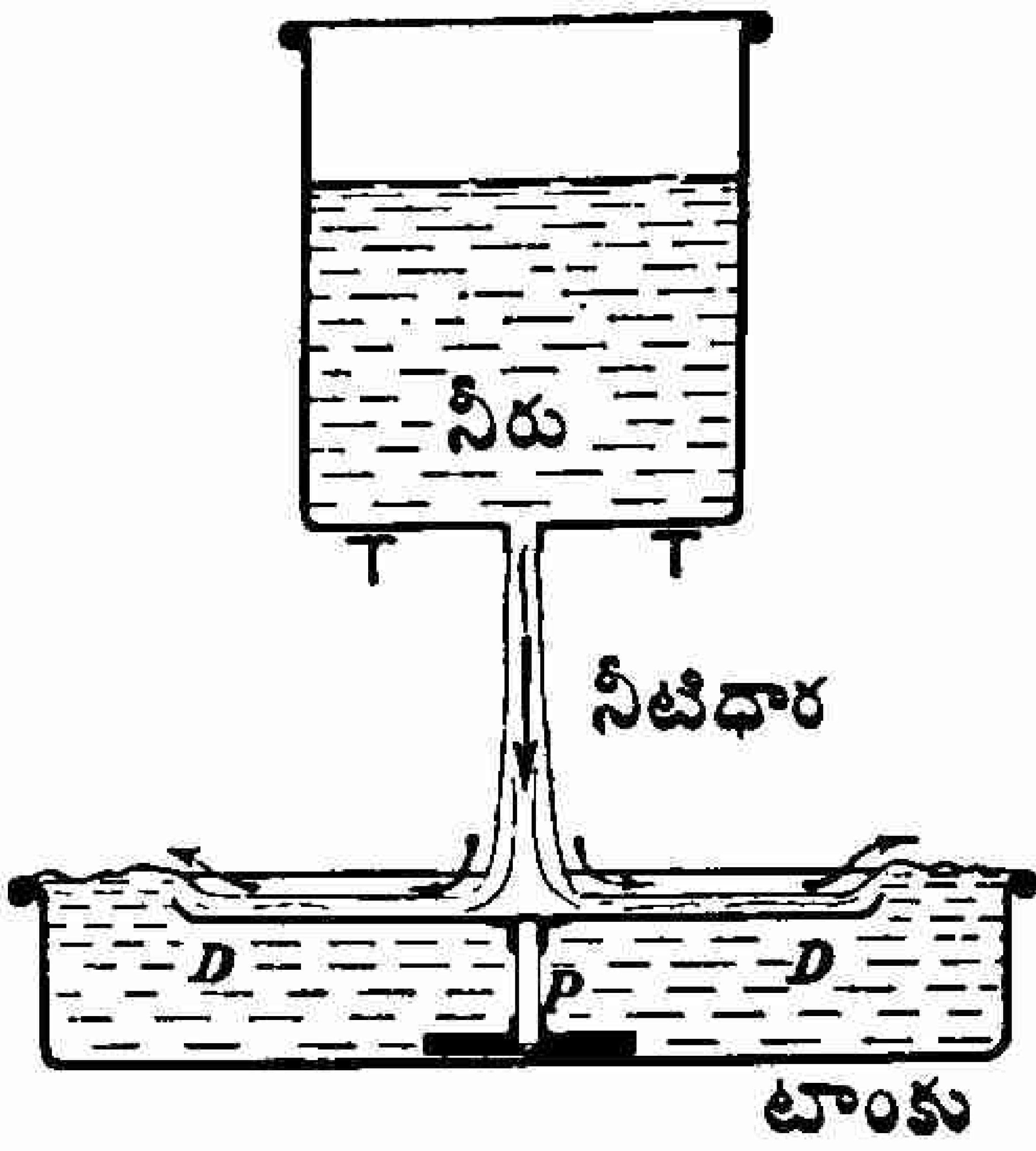



చిత్రం 68. డిస్కులతో ప్రయోగం.

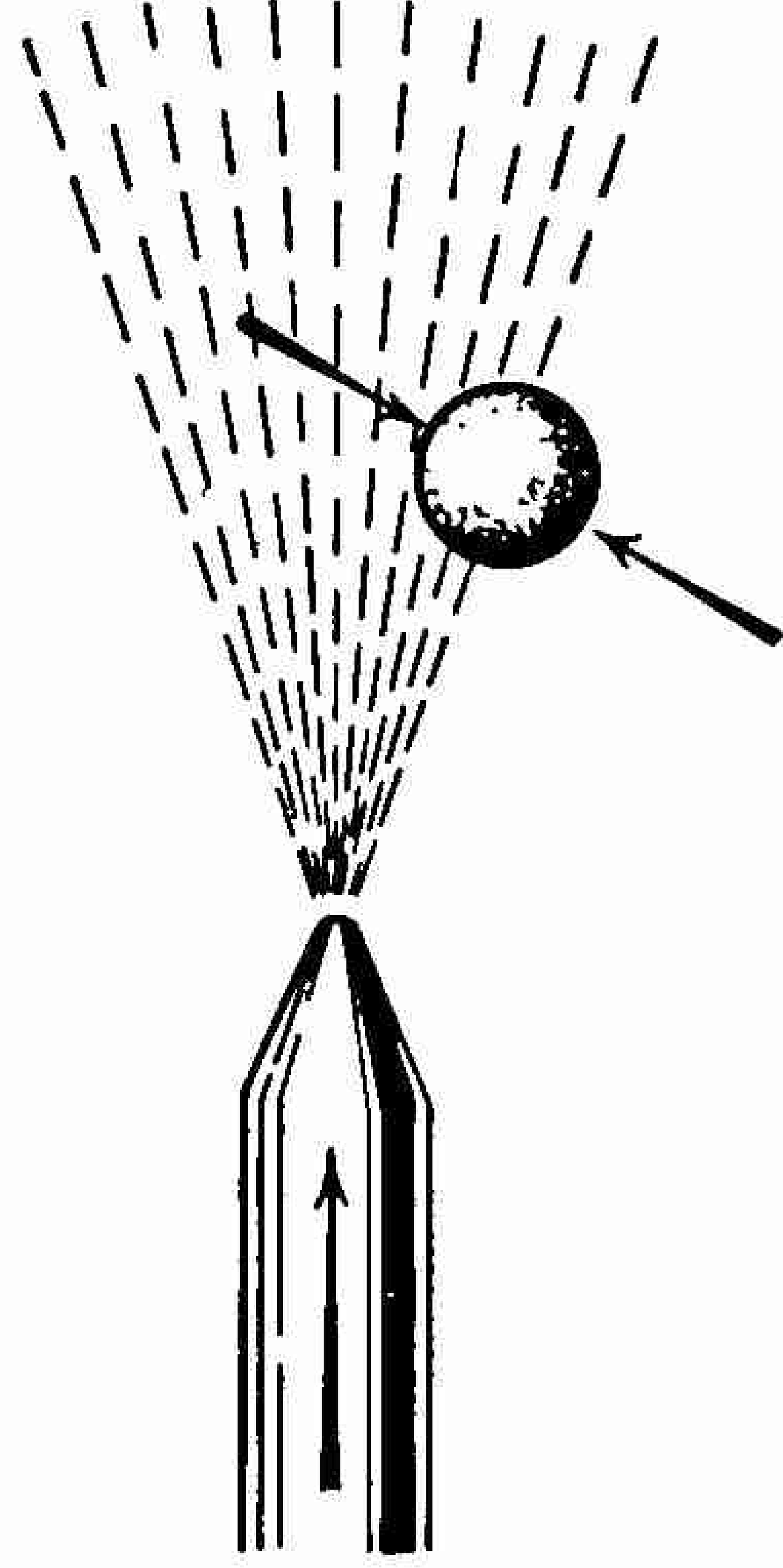
చిత్రం 68 లో *DD* అనే రాగి బిళ్లకు *T* అనే గొట్టం అమర్చి ఉన్నది. *T* గుండా ఊదిన గాలి *dd* అనే మరొక బిళ్ల మీదుగా ప్రవహిస్తుంది. *dd* అనే బిళ్ల ఎడంగా ఉంటుంది.* రెండు బిళ్లలమధ్య గాలికి హెచ్చు వేగమే ఉంటుందికాని, అది బిళ్లల అంచును చేరేసరికి తగ్గిపోతుంది. ఎందుచేతంటే బిళ్లల అంచుకేసి రావడానికి గాలి చాలామేర విస్తరించాలి. కొంత ఘర్షణాన్ని కూడా అధిగమించాలి. ఇందువల్ల జరిగేదేమంటే, బిళ్లల మధ్య గాలివేగం హెచ్చుగాను పీడనం తక్కువగాను ఉంటుంది. బిళ్లల చుట్టూ గాలివేగం తక్కువగాను పీడనం

* ఈ ప్రయోగం తేలికగా చెయ్యడానికి దారపుబండి, కాగితం బిళ్ల తీసుకొని ప్రక్కకి జరిగిపోకుండా ఉండేందుకు బిళ్లను గుండు సూదితో దిమ్మకు గుచ్చవచ్చు.

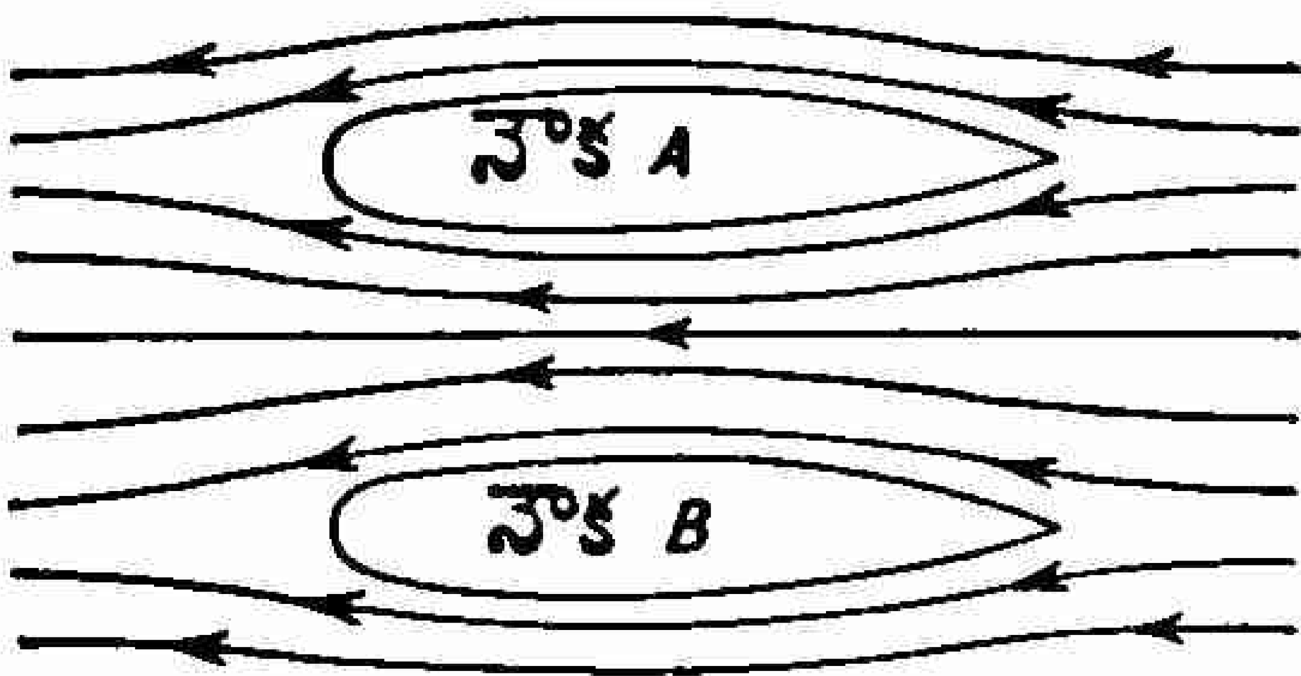
హెచ్చుగాను ఉంటుంది. బిళ్లల మధ్యగల గాలిప్రవాహం బిళ్లలను ఎడంపరిచేందుకు చేసే ప్రయత్నంకన్న *dd* బిళ్ల చుట్టూగల గాలిపీడనం ఎక్కువై బిళ్లలు రెండు కరుచుకు పోతాయి. *T* లోనుంచి గాలి ఎంత గట్టిగా ఊదితే బిళ్లలంత బలంగా కరుచుకు పోతాయి.



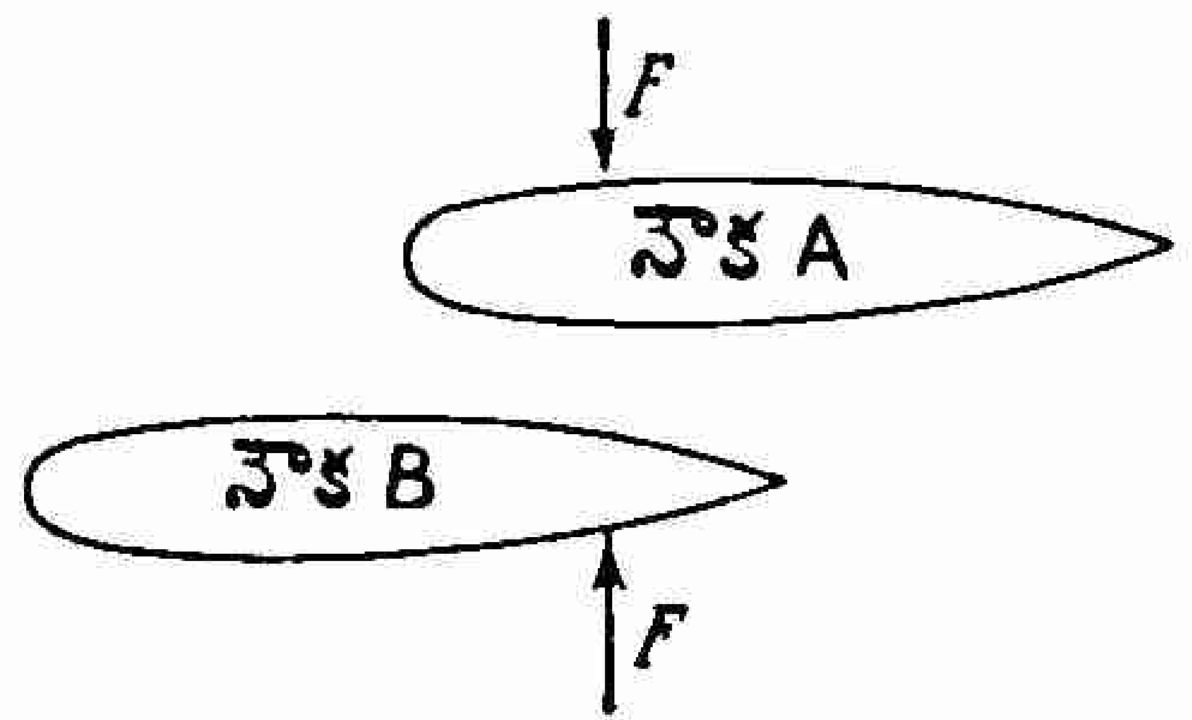

చిత్రం 69. *DD* అన్న డిస్కుపైన నీటి ధార పడినప్పుడు ఆ డిస్కు *P* అన్న దండం వెంబడి పైకి లేస్తుంది.



చిత్రం 70. గాలిజెట్ కారణంగా బంతి గాలిలో తేలి ఉంటుంది.



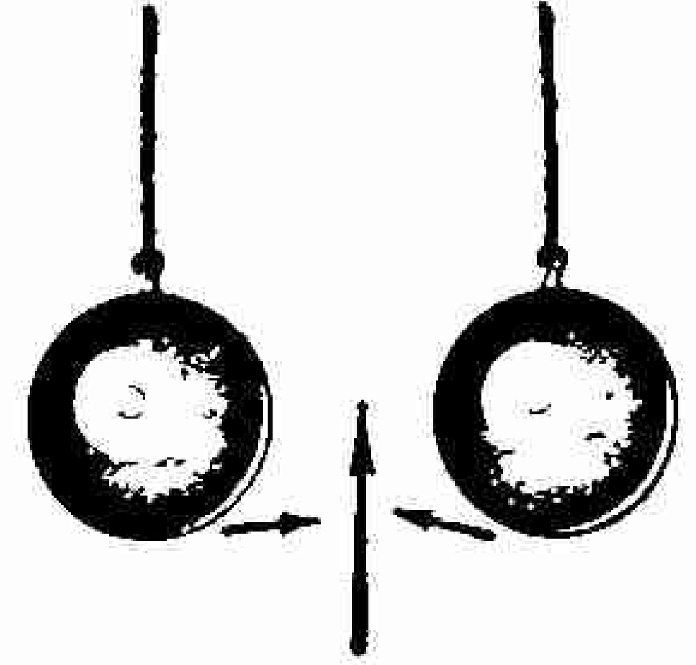

చిత్రం 71. పక్కపక్కగా కదిలే నౌకలు పరస్పరాకర్షణ పొందుతాయి.




చిత్రం 72. నౌకలు ముందుకు కదలినప్పుడు నౌక *B* "ముఖం" నౌక *A* కేసి తిరుగుతుంది.

చిత్రం 69 కూడా చిత్రం 68 లాటిదే. కాకపోతే ఇందులో నీరు గాలిస్థానం ఆక్రమిస్తుంది. *DD* అనే పళ్లెంలోకి వేగంగా ప్రవహించే నీరు, దిగువనున్న తొట్టిలోని నీటికన్న తక్కువ మట్టంలో ఉండి పళ్లెం అంచుమీదుగా పొర్లినప్పుడే నిశ్చలంగా ఉండే నీటి మట్టాన్ని అందుకుంటుంది. అందుచేత పళ్లెంపైన కదిలే నీటికన్నా దాని దిగువన నిశ్చలంగా ఉన్న నీటిపీడనమే హెచ్చుగా ఉంటుంది. ఆకారణంగా పళ్లెం పైకి లేస్తుంది. (*P* అనే కడ్డీ పళ్లేన్ని పక్కలకు జరగనివ్వదు.)

చిత్రం 70 లో గాలిజెట్‌లో తేలుతున్న చిన్న జీలుగు ఉండ చూపబడింది. గాలిజెట్ తాకిడివల్ల ఉండ కిందపడకుండా ఉంటుంది. ఉండ జెట్‌నుంచి పక్కకు పోయినప్పుడు చుట్టూ ఉన్న గాలి దానిని మళ్లా జెట్‌లోకి తోసేస్తుంది. ఎంచేతంటే తక్కువ వేగంగల చుట్టూ గాలియొక్క పీడనం ఎక్కువ వేగంగల జెట్‌లోని గాలి పీడనం కన్న ఎక్కువ.



చిత్రం 73. తేలికైన ఈ బంతుల మధ్యగా గాలిని ఊదితే రెండు బంతుయా ఒకదానికొకటి తగులుతాయి.

చిత్రం 71 లో నిశ్చలమైన నీటిలో పక్కపక్కగా ప్రయాణిస్తున్న రెండు పడవలు చూపబడ్డాయి — వాటిని కదిలే నీటిలో నిశ్చలంగా ఉన్న పడవలని అనుకోవచ్చు, ఎలా అనుకున్నా ఒకటే. పడవల వెలుపలి తట్టునగల ప్రవాహవేగంకన్న పడవల మధ్య సన్నగా ఉండే చోట ప్రవాహవేగం హెచ్చు, అందుచేత పడవల మధ్య వాటి కిరుప్రక్కలకన్న నీటి పీడనం తక్కువ. దీని ఫలితంగా వెలుపలి నీరు పడవలను దగ్గరగా తోస్తుంది. — ఇది సముద్ర నావికులకు అనుభవంలోని విషయమే.

చిత్రం 72 లో ఒక పడవ కన్న మరొకటి కొంచెం ముందున్నట్టు చూపబడింది. ఇది మరీ ప్రమాదమైన పరిస్థితి. *FF* అనే రెండు బలాలు పడవలను దగ్గరికి చేర్చటంలో వాటిని గుండ్రంగా తిప్పతాయి; *B* చాలా బలంగా *A* కేసి తిరుగుతుంది. అటువంటి సందర్భంలో చుక్కాని పట్టేవాడికి పడవ కదిలే మార్గాన్ని మార్చడం కష్టమై పడవలు గుద్దుకొనడం తప్పనిసరి అవుతుంది.

చిత్రం 71 లో వివరించిన విషయాన్ని చిత్రం 73 లో లాగ రెండు తేలికైన రబ్బరు బంతులను వేళ్లాడ గట్టి వాటి మధ్య గాలి ఊది నిరూపించవచ్చు. గాలి ఊదినప్పుడవి ఒక దానినొకటి తగులుతాయి.

# చేపలకు తిత్తు లెందుకు?

చేపలకు తిత్తులెలా ఉపయోగ పడతాయి? సాధారణంగా అందరూ అనేదేమంటే — అది సబబే అనిపిస్తుంది కూడాను — చేప నీటిలో మీదకి రావాలన్నప్పుడు తిత్తిని పెద్దది చేసి, తద్వారా తన శరీరం దాని బరువును మించిన బరువుగల నీటిని తొలగించేటట్లు చేసి ఉత్ప్లవన సూత్రం ప్రకారం మీదకి వస్తుందనీ, మీదకి రావడం ఆపదలచినప్పుడు గాని నీటి దిగువకు పోదలచినప్పుడుగాని తిత్తిని చిన్నది చేస్తుందనీ. అప్పుడు శరీరం చిన్నదై, దాంతోపాటు తొలగించిన నీటిబరువు తగ్గి ఆర్కిమిడీస్ సూత్రం ప్రకారం చేప అడుగుకి దిగుతుంది.

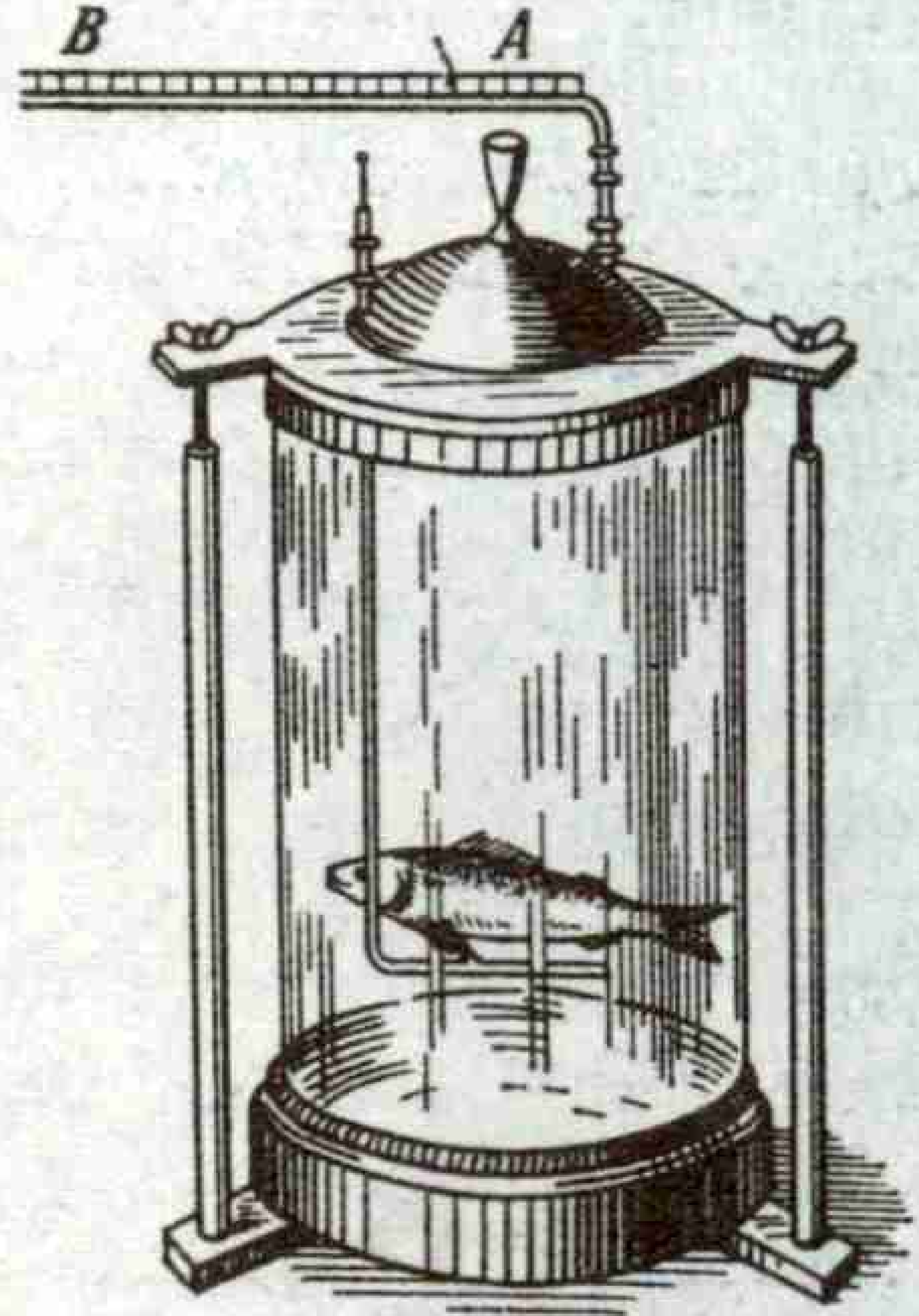
చేప తిత్తిని గురించిన ఈ అపోహ 17 వ శతాబ్దంనాటిది. 1685 లో ఫ్లారెన్సులోని ఎకాడమీకి చెందిన ప్రొఫెసర్ బోరెల్లి మొట్టమొదట యీ మాట చెప్పాడు. ప్రజలు 200 ఏళ్ల చిల్లర కాలం పాటు దానికి అడ్డు చెప్పకుండా యీ మాటను నమ్మి, ప్రతి పాఠ్య పుస్తకంలోను పేర్కొన్నారు. ఇది సుద్ద తప్పని ఇటీవల పరిశోధనలద్వారా ఋజువయినది.

చేపలు ఈదటానికి తిత్తి అవసరమన్నది నిర్వివాదాంశం: ప్రయోగంకోసం తిత్తులు తీసివేసిన చేపలు నీటిలో తేలి వుండడానికి తమ రెక్కలను బలంగా ఉపయోగించ వలసి వచ్చింది. వాటిని నిలిపిన మరుక్షణం అవి నీటి అడుగుకు పడిపోయాయి. అయితే ఇంతకూ తిత్తియొక్క వాస్తవ ప్రయోజనమేమిటి? అది చేసే పని చాలా క్లుప్తమయినది. ఒకానొక లోతున చేప నిలిచి ఉండడాని కది తోడ్పడుతుంది. ఆ లోతున చేపబరువు అది తొలగించే నీటి బరువుకు సమంగా వుంటుంది. చేప రెక్కలాడించి ఇంకా కిందికి దిగినప్పుడు నీటి ఒత్తిడి హెచ్చడంచేత చేప శరీరం తిత్తితో సహా సంకోచం పొందుతుంది. ఆ స్థితిలో చేప తొలగించే నీటి బరువు చేప బరువుకన్న తక్కువ గనుక చేప జోరుగ కిందికి దిగుతుంది. అది లోతులకు వెళ్లిన కొద్దీ నీటియొక్క పీడనం ప్రతి పది మీటర్ల లోతుకు ఒక వాతావరణం చొప్పున పెరుగుతూ పోతుంది. యీ పీడనానికి చేప శరీరం మరింత సంకోచం పొంది చేప మరింత వేగంగా దిగుతుంది.

చేప తన ''స్థావరం''నుంచి రెక్కల సహాయంతో ఎగువకు వచ్చేటప్పుడీ పరిణామమే విరుద్ధంగా జరుగుతుంది. పైకి లేచేసరికి అక్కడ ఉండే నీటి ఒత్తిడి తగ్గిపోయి తిత్తి వ్యాకోచం పొందుతుంది. దానివల్ల చేప శరీరం పొంగే తిత్తివలన (చేప తన ''స్థావరం'' లో ఉన్నప్పుడు తిత్తిలోని గాలిపీడనం వెలుపలి నీటి పీడనానికి సమానం) పెరిగి చేప పైకి

తేలుతుంది. చేప పైకి వస్తున్న కొలది దాని శరీరం పెరిగి అది మరింత వేగంగా పైకి తేలుతుంది. అది పైకి పోవడం నిలుపు చెయ్యడానికి తిత్తిని సంకోచింప చేద్దామనుకున్న చేపకు అది సాధ్యపడదు. ఎంచేతంటే యీ తిత్తియొక్క పరిమాణాన్ని మార్చేందుకు దాని పొరలో కండరాలు లేవు.

చేప శరీరంయొక్క పరిమాణం అప్రయత్నంగానే పెరుగుతుందన్న విషయాన్ని యీ దిగువ చెప్పిన ప్రయోగం ఖాయపరుస్తుంది (చిత్రం 74). నీటితో నింపబడి మూయబడిన ఒక పాత్రలో మత్తుమందు (క్లోరోఫారం) యిచ్చిన "బ్లీక్" అనే చేపను వుంచారు. పాత్రలోని నీటి పీడనాన్ని వృద్ధి పరచి కొంత లోతున వుండే పీడనానికి సమంగా వుండే లాగు చేస్తారు. నీటి ఉపరితలం మీద వున్నప్పుడు చేప వెల్లకిలా కదలికలు లేకుండ ఉంటుంది. కొంచెం లోతుకు తోస్తే మళ్లీ పైకి తేలుతుంది. అడుగుకు దగ్గరగా తోస్తే పూర్తిగా అడుగుకు దిగిపోతుంది. మధ్యలో ఆ చేప పైకి తేలక కిందికి మునగక నిశ్చలంగా వుండిపోయే స్థానం ఉంటుంది. తిత్తి అప్రయత్నంగా సంకోచ వ్యాకోచాలు పొందడం గురించి నేను చెప్పిన మాటలు జ్ఞాపకం తెచ్చుకుంటే "బ్లీకు" చేప ప్రయోగం బోధపడుతుంది.



చిత్రం 74. చేపతో ప్రయోగం.

ఇంతకూ తేలేదేమంటే చేప తన తిత్తిని చిన్నది పెద్దది చెయ్యగలదని సాధారణంగా అందరూ అనుకునేది నిజం కాదు. తిత్తియొక్క పరిమాణం ఎక్కువ తక్కువ అయే వెలుపలి పీడనాన్ని బట్టి అప్రయత్నంగా చిన్నది పెద్దది అవుతుంది. (బోయిల్–మరియోట్ సిద్ధాంతం ప్రకారం.) తిత్తి యిలా కావడం చేపకు లాభం కాదు కదా పై పెచ్చు నష్టం. ఎందుచేతంటే దీని మూలంగా చేప ఆపలేని, అధికమయే వేగంతో పైకి తేలడమూ అడుగుకూ మునగడము జరుగుతుంది. సంగ్రహంగా చెప్పాలంటే చేప నిశ్చలంగా వున్నప్పుడు దాని తూకాన్ని నిలబెట్టటానికి తిత్తి వుపయోగిస్తుంది. కాని ఈ నిశ్చలత అస్థిర నిశ్చలత.

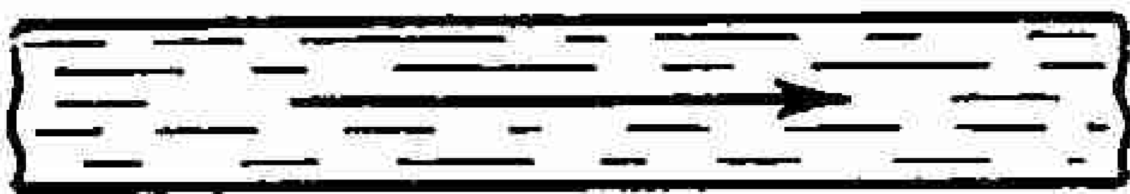
యీదడానికి సంబంధించినంత వరకూ చేప తిత్తియొక్క అసలు వుపయోగం ఇదే. దానివల్ల చేప శరీరానికి యితర ప్రయోజనాలేమయినా ఉన్నాయో, వుంటే అవి ఎలాటివో తెలీదు. ఆవిధంగా చేప తిత్తి ఇంతవరకూ అగమ్య

గోచరంగానే వుంది. అది నిర్వహించే హైడ్రోస్టాటిక్ పాత్రమటుకే మనకు స్పష్టంగా తెలుసును.

నేను చెప్పిన విషయాలను చేపలు పట్టేవాళ్ల అనుభావాలు ధ్రువ పరుస్తున్నాయి. వాళ్లు లోతు నీటిలో చేపలు పట్టేటప్పుడు ఒక్కొక్క సారి చేప మధ్య దారిలో తప్పించుకోవడం జరుగుతుంది. అయితే అప్పుడది మనం వూహించేలాగ తాను మొదట వున్న లోతుకు దిగిపోక నీటి పైకి వేగంగా వచ్చేస్తుంది. సాధారణంగా అలాటి చేపలకు తిత్తి నోటినుంచి పైకి ఉబికి వచ్చి వుంటుంది.

## అలలు, సుడులు

అనేక నిత్యజీవితపు భౌతిక సంఘటనలను ప్రాథమిక భౌతికశాస్త్ర సూత్రాలు వివరించలేవు. గాలి వీచే రోజున సముద్రం కల్లోలంగా ఉండడంలాంటి నిత్యానుభవాన్ని కూడా స్కూలులో జరిగే సామాన్య భౌతికశాస్త్రం ద్వారా పూర్తిగా అవగాహన చేసుకోలేము. నిశ్చలంగా వున్న నీటిలో పడవ నడిచినప్పుడు దాని ముందుభాగంనుంచి కెరటాలెందుకు కలుగుతాయి? గాలిలో జెండాలు ఎందుకు అల్లలాడుతాయి? సముద్ర తీరపు యిసుక అలల ఆకారం ఎందుకు ధరిస్తుంది? పొగగొట్టంనుంచి వచ్చే పొగ ఎందుకు సుడులు తిరుగుతుంది?



చిత్రం 75. గొట్టంలో సరళ ప్రవాహం (ప్రశాంత ప్రవాహం).



చిత్రం 76. గొట్టంలో కలత ప్రవాహం (సుడుల ప్రవాహం).

వీటినీ, ఇలాటి మరికొన్ని విషయాలనూ అర్థం చేసుకోవాలంటే మనం ద్రవ వాయు పదార్థాల "సుడిగమనము" అనబడే ప్రవాహముయొక్క ప్రత్యేక లక్షణాలను అర్థం చేసుకోవాలి. యివి స్కూలు పాఠ్య పుస్తకాలలో వుండవు కనుక సుడులకు సంబంధించిన కొన్ని ప్రధాన విషయాలను ఇక్కడ చర్చింప యత్నిస్తాను.

ఒక గొట్టంగుండా ద్రవం ప్రవహిస్తుందనుకోండి. ద్రవంలోని కణాలన్నీ గొట్టం వెంబడి సమాంతర రేఖా మార్గాలలో కదలినట్టయితే ప్రవాహం అత్యంత సరళంగా వుంటుంది. భౌతిక శాస్త్రవేత్తలు దానిని ప్రశాంత ప్రవాహం (*laminar flow*) అంటారు. ఇది సాధారణంగా జరిగేది కాదు. సర్వసాధారణంగా గొట్టాల వెంబడి ద్రవం కలత గానే ప్రవహిస్తుంది. గొట్టం గోడలనుంచి దాని అక్షం వైపు సుడులు కదులుతాయి.

ఇదే సుడుల ప్రవాహం (turbulent flow). చిన్న నీటి గొట్టాలలో సరళంగా వున్నప్పటికీ ఊరిలోని పెద్దపెద్ద నీటి గొట్టాలలోని ప్రవాహం సుడులతో కూడి వుంటుంది. ఒక నిర్దిష్ట వ్యాసంగల గొట్టంలోని ఒక ద్రవపు ప్రవాహ వేగం ఒకానొక ప్రమాణాన్ని అందుకున్నప్పుడల్లా ప్రవాహంలో కలత ఏర్పడుతుంది. దీనిని ''అవధి'' వేగం (critical velocity) అంటారు.*

గొట్టంగుండా ప్రవహించేటప్పుడు ద్రవంలో ఏర్పడే సుడులను ప్రత్యక్షంగా చూడాలంటే గాజు గొట్టంలో ప్రవహించే పారదర్శకమైన ద్రవంలో లైకపోడియం పొడి లాటి తేలికయిన పొడిని కలుపవచ్చు. అప్పుడు మనకు సుడులు గొట్టం గోడలనుంచి దాని అక్షంకేసి వ్యాపించడం కనబడుతుంది.

రిఫ్రిజిరేటర్ల, కూలర్ల నిర్మాణంలో సుడుల ప్రవాహాల ఈ ప్రత్యేకతను వుపయోగించుతారు. గోడలు చల్లబరచబడిన గొట్టం వెంబడి ద్రవం కలతగా ప్రవహించేటప్పుడు ద్రవంలోని అన్ని కణాలు గొట్టపు గోడలను తొందరగా స్పృశించగలుగుతాయి. సుడులు లేని ప్రవాహంలో కంటె ఇది వేగంగా జరుగుతుంది. సామాన్యంగా వాటంతట అవి ద్రవాలు మంచి ఉష్ణవాహకాలు కావన్నది గుర్తుంచుకోవాలి. కలుపుతూ ఉండకపోతే అతి నెమ్మదిగా చల్లబడతాయి, వేడెక్కుతాయి. రక్తనాళాలలోని రక్తప్రవాహం సరళమయినది కాక కలత ప్రవాహం కావటం చేత వాటి తాయాకు వేడి, కొన్ని పదార్థములు త్వరగా మార్పిడి చెందుతాయి.

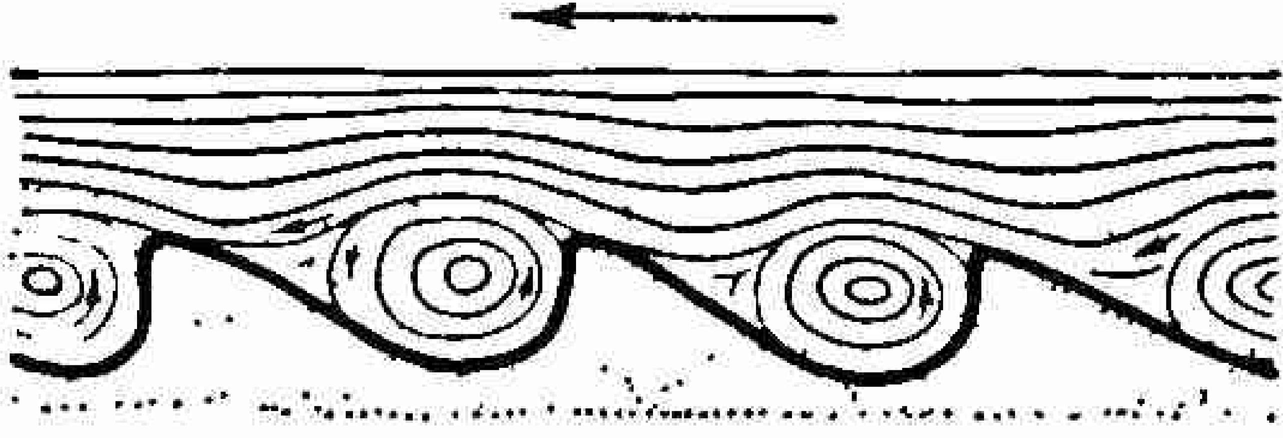
గొట్టాలలోని ప్రవాహాలను గురించి చెప్పుకున్నదంతా నీటి కాలువలకు నదులకాలువలకు వర్తిస్తుంది: కాలువలలో, నదులలో ప్రవాహాలు కలతగా వుంటాయి. మనం నది యొక్క వేగాన్ని జాగ్రత్తగా కొలిచినట్టయితే, అందులో ముఖ్యంగా నది అడుగు భాగాన, ఉపకరణపు కొలతలో స్పందనం కనిపించి ప్రవాహదిశలో అనుక్షణము మార్పులు జరుగుతున్నట్టు అంటే సుడులు వున్నట్లు స్పష్టమవుతుంది. నదీజలం కదిలేది నది ప్రవహించే వైపేగాక ఒడ్లనుంచి మధ్యకు కూడాను. అందుచేత నది అట్టడుగున ఏడాది పొడుగునా ఒకే ఉష్ణస్థితి $(+4^{\circ}C)$ ఉంటుందనడం తప్పు. కలతవుంటుంది కనుక నది ఉపరితలంమీద అట్టడుగున నీటి వుష్ణోగ్రత ఒకేలాగ వుంటుంది — యిది సరస్సులకు వర్తించదు.

నది అడుగున కలిగే సుడులు తేలిక అయిన యిసుకను తమతో తీసుకుపోయి యిసుకలో ''అలలు'' ఏర్పరుచుతాయి. సముద్రం ఒడ్డున నీరు వచ్చి వెనక్కు పోయిన ప్రాంతంలో

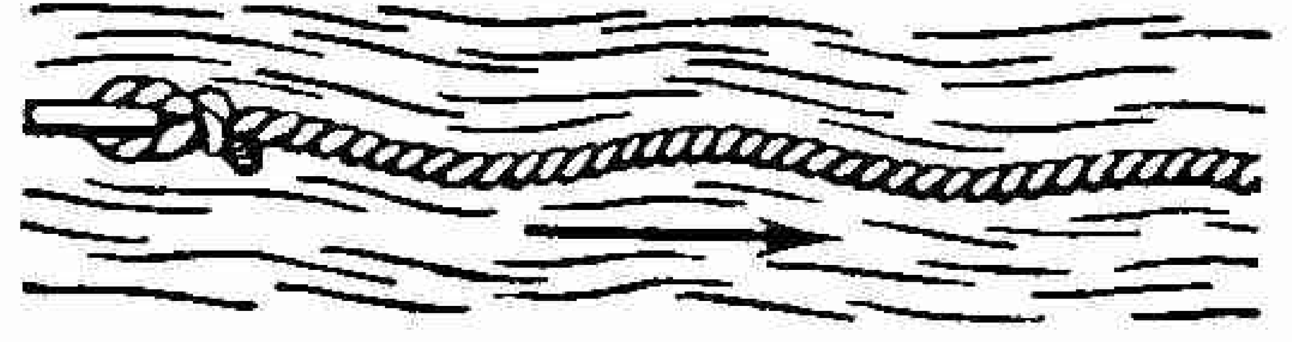
* అవధి వేగం ద్రవంయొక్క చిక్కదనము (viscosity) నకు అనులోమానుపాతంలోనూ దాని సాంద్రతకూ, ఆ ద్రవం ప్రవహించే గొట్టంయొక్క వ్యాసానికీ విలోమానుపాతంలోనూ వుంటుంది.

కూడా ఇలాగే "అలలు" కనిపిస్తాయి (చిత్రం 77). నది అడుగున నీటిప్రవాహం ప్రశాంతంగా వుండిన పక్షంలో అడుగున యిసుక చదునుగా వుంటుంది.

తేలేదేమంటే నీరు ఒరుసుకొని ప్రవహించే తలం వద్ద సుడులు ఏర్పడతాయి. ప్రవాహంలో సుడులు ఉన్నాయన్న విషయం స్పష్టం చెయ్యటానికి ఒక తాడు తీసుకుని దానిని ఒక చివర గట్టిగా కట్టి పెట్టి రెండవ చివర స్వేచ్ఛగా ప్రవాహంవెంట వదలినట్టయితే



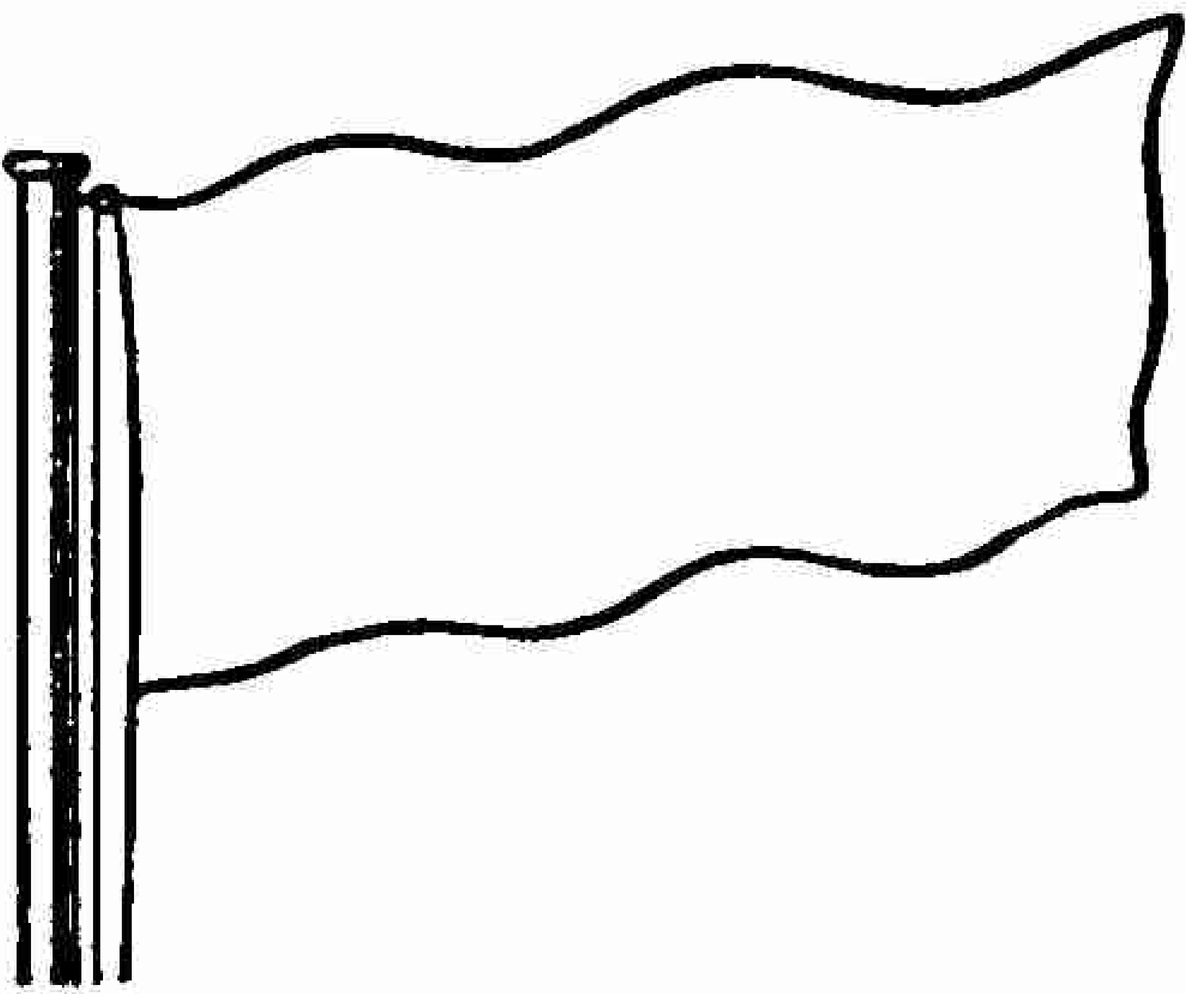
చిత్రం 77. కలతవల్ల సముద్రతీరపు ఇసుకలో ఏర్పడే అలలు.



చిత్రం 78. కలతవల్ల ప్రవాహంలో ఉన్న తాడు ఆడుతుంది.

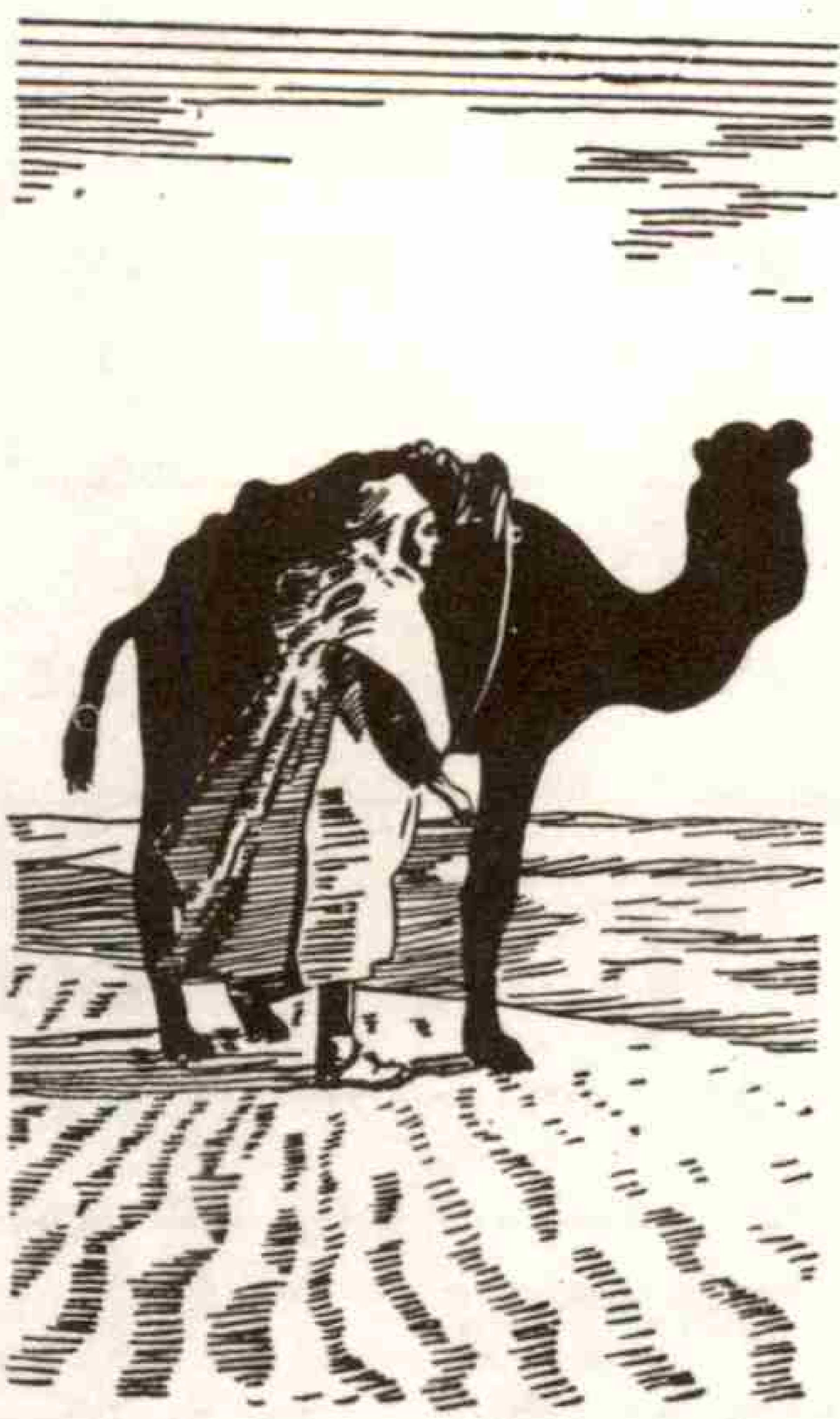
తాడు పాములాగ ఆడుతుంది. యీ కదలికకు కారణమేమిటి? తాడులో ఒక భాగంవద్ద సుడి ఏర్పడి దానిని ఒక దిక్కుగా లాగుతుంది. మరుక్షణంలో మరొక సుడి ఏర్పడి తాడును మరొక దిక్కుకు లాగుతుంది. యీ రెండు కదలికలు ఏకము అయినందున తాడు పాములాగ కదులుతుంది (చిత్రం 78).

ఇక ద్రవాలను వదలి వాయువులకు వద్దాం, నీటిని వదలి — గాలికి. సుడి గాలికి నేలమీది దుమ్ము, చెత్తా పైకి లేవడం మీరు చూసే వుంటారు. నేలకు సమీపంలో గాలి ప్రవాహం కలత బారడంచేత అలాజరుగుతుంది. నీటి ఉపరితలం మీదుగా గాలి ప్రవహించి నప్పుడు సుడులు ఏర్పడిన చోట్ల వాతావరణ పీడనంలో తరుగుదల ఏర్పడి నందున నీరు గుబ్బగా పైకి లేస్తుంది. అలలు పుట్టు తాయి. ఎడారిలోనూ, ఇసుక తిన్నెలమీదా ఇసుక అలలు ఏర్పడడానికి కారణం ఇదే (చిత్రం 80).

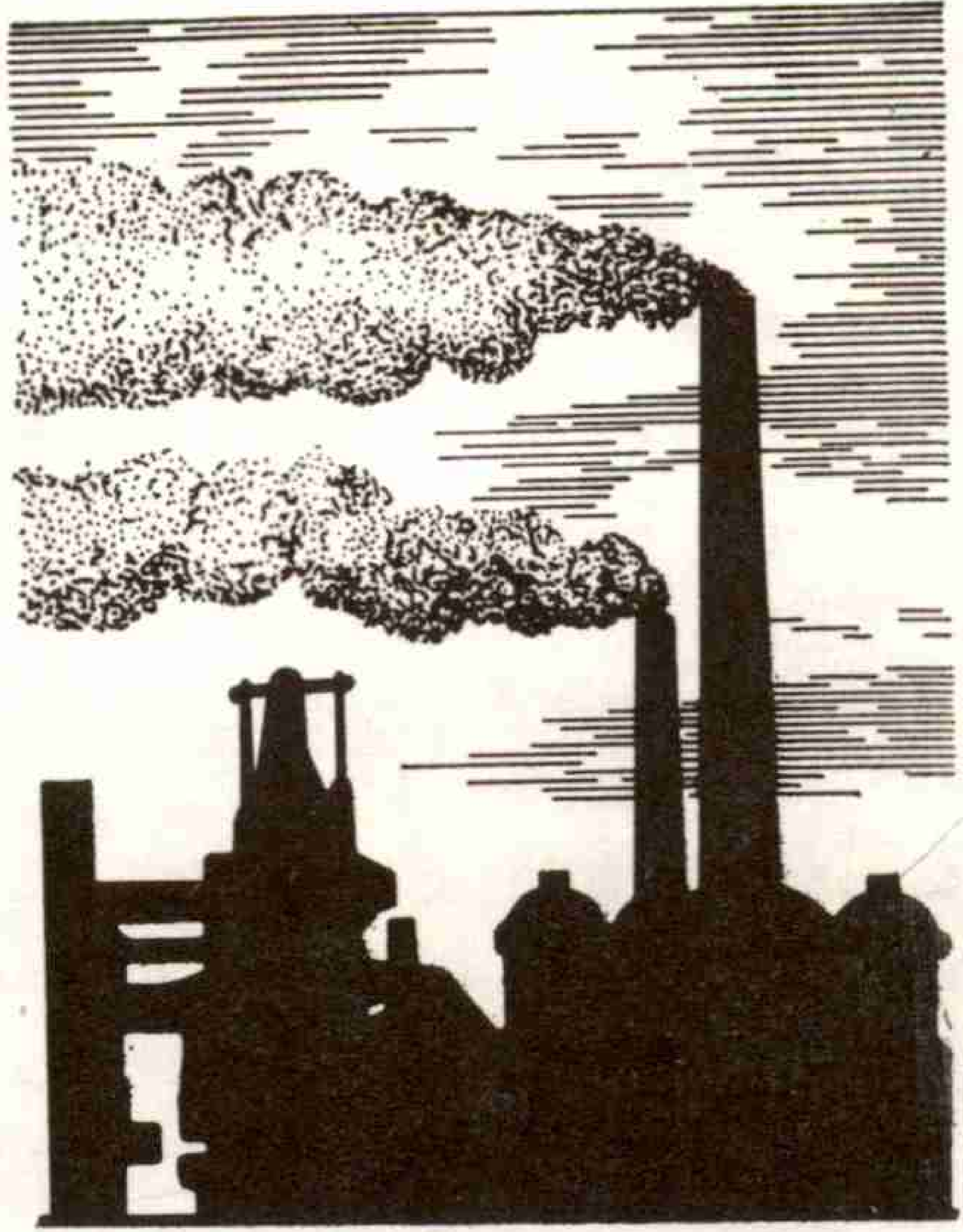


చిత్రం 79. గాలిలో రెపరెపలాడే జెండా.

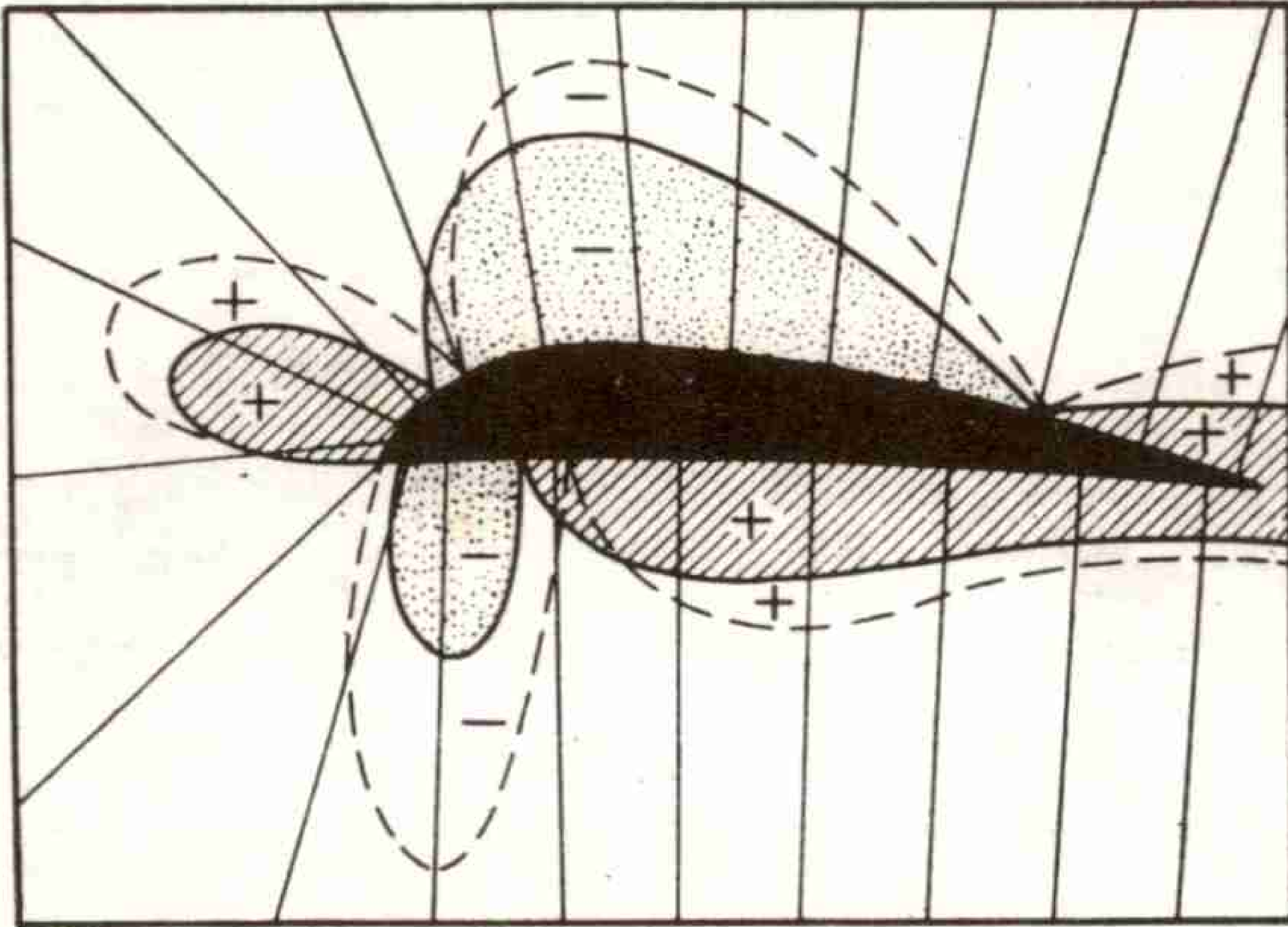
గాలిలో జెండా ఎందుకు రెపరెప లాడుతుందో మీకిప్పుడు బోధపడుతుంది. ఇది నీటిలోని తాడు లాంటిది. గాలి వీచినప్పుడు "గాలి కోడి" అస్తమానము ఒకే దిక్కుకేసి తిరిగి వుండక గాలి కలతకు అనుగుణంగా తిరుగుతూ ఉంటుంది. ఫ్యాక్టరీ పొగగొట్టంనుంచి వెలువడే పొగ మబ్బులు కూడా సుడుల ప్రవాహంవలన ఏర్పడేవే: ఫ్యాక్టరీ కొలిమినుంచి



చిత్రం 80. ఎడారిలో అలల రూపంలో ఉన్న ఇసుక తలం.



చిత్రం 81. పొగగొట్టంనుంచి వెలువడే పొగ చుట్టలు చుట్టగా వెళ్లుతుంది.




చిత్రం 82. విమానం రెక్కపైన ఉండే బలాల సూచన. రెక్కపైన వాయుపీడన (+) విరళీకరణ (—) ఎలా ఉండేది ప్రయోగాలద్వారా నిరూపించబడింది. తేల్చే, ఎగలాగే శక్తుల సమైక్య ప్రయోగ ఫలితంగా రెక్క పైకి లేస్తుంది. (పీడనం ఎలా పంపకమయేది అవిచ్ఛిన్న రేఖలు చూపుతాయి. వేగం హెచ్చుగా ఉంటే ఎలా ఉండేది విచ్ఛిన్న రేఖలు చూపుతాయి.)

వెలువడే వాయువులు సుడులు తిరుగుతూ పైకి వచ్చి ఇనర్షియా కారణంగా పొగగొట్టం నుంచి వెలువడిన కొంత సేపటిదాకా సుడులు తిరుగుతూనే వుంటాయి (చిత్రం 81).

గాలియొక్క కలత ప్రవాహం విమానాలకు అతి ముఖ్యంగా పరిగణించ దగినది. విమానాలరెక్కల ఆకారం ఎలా ఉంచుతారంటే వాటి దిగువన గాలి పలుచబడిన స్థలాన్ని రెక్కలలోని భాగమే నింపేటందుకూ, వాటి ఎగువన ఉండే గాలిలో సుడులు ఏర్పడేటందుకూ వీలుగా వుంటుంది. ఇందువల్ల దిగువనుంచి తేల్చే శక్తీ, పైనుంచి ఎగలాగే శక్తీ ఉత్పన్న మవుతాయి (చిత్రం 82). రెక్కలు చాచి పక్షులు గాలిలో తేలి ఎగిరేటప్పుడిదే జరుగుతుంది.

ఇంటి కప్పుమీదికి వీచేటప్పుడు గాలి ఏం చేస్తుంది? గాలి సుడులవల్ల కప్పుమీద ఉండే గాలి పలచబడుతుంది. పీడనాలను సరి చెయ్యడానికి కప్పుకు దిగువనుండే గాలి కప్పును కిందినుంచి ఎగతోస్తుంది. యీ కారణంచేతనే తేలికగా ఉండి దృఢంగా అమర్చబడని కప్పులు లేచిపోవడం మనం తరుచు చూస్తాం. ఈ కారణం చేతనే గాలి జాస్తిగా ఉన్న రోజున పెద్ద పెద్ద కిటికీల అద్దాలు బయటికి ఉబుకుతాయి. (అవి బయటి గాలి ఒత్తిడికి పగలవు.)

అయితే వీటికన్నిటికీ ఇంకా తేలికైన వివరణ వుంది.

గాలి ప్రవాహాలలో పీడన శక్తి తగ్గడంచేత ఇవన్నీ జరుగుతాయి. (ముందు చెప్పిన బెర్నూలీ సూత్రం చూడండి.)

ఉష్ణోగ్రతలోనూ, చెమ్మదనంలోనూ వ్యత్యాసంగల రెండు వాయు ప్రవాహాలు సమాంతరంగా వీచినప్పుడు రెంటిలోనూ సుడులేర్పడతాయి. మబ్బులు రకరకాల ఆకారాలు ధరించటానికిదే కారణం.

సుడుల ప్రవాహాలవల్ల ఎన్నిరకాల ఫలితాలుంటాయో దీనినిబట్టి మీరు గ్రహించవచ్చు.

# భూగర్భానికి ప్రయాణం

ఇంతవరకు ఎవ్వరూ 3.3 కి.మీటర్ల కన్న ఎక్కువ లోతుకు భూమిలోకి వెళ్లి వుండలేదు. భూమియొక్క అర్ధవ్యాసమేమో 6,400 కి.మీ. భూకేంద్రానికి ఇంకా ఎంతో దూరంలో ఉన్నాం అన్నమాట. అయినప్పటికీ మంచి ఆలోచనా శక్తిగల జూల్స్ వెర్న్ తన హీరోలను విడ్డూరపు ప్రొఫెసరు లీడెన్‌బ్రోక్‌ను, ఆయన అన్నకొడుకు అక్సెల్‌ను – భూగర్భానికి పంపించాడు. భూమిలోపల ఈ భూగర్భప్రయాణీకులకు కలిగిన ఆశ్చర్యకరమైన అనుభవాలు "భూకేంద్రానికి ప్రయాణం" అనే నవలలో ఆయన వర్ణించాడు. వారిద్దరూ ఎదుర్కొన్న అకస్మాత్తైన విషయాలలో ఒకటి గాలి సాంద్రత హెచ్చడం. పైకి వెళ్లిన కొద్దీ గాలి సాంద్రత అతివేగంగా తరిగి పోతుంది. ఎత్తు సంకలన వృద్ధిలో పెరిగితే

సాంద్రత గుణ వృద్ధిలో తరుగుతుంది. దీనికి విరుద్ధంగా సముద్ర మట్టానికి దిగువగా వెళ్లిన కొద్దీ ఎగువనున్న గాలి పొరల వత్తిడివల్ల సహజంగా గాలి సాంద్రత హెచ్చుతుంది. భూగర్భ ప్రయాణీకులకు ఇది గమనించక తప్ప లేదు.

భూగర్భంలో 12 లీగుల అనగా 48 కి.మీటర్ల లోతున ప్రొఫెసరుగారు, ఆయన అన్నకొడుకూ యిలా సంభాషించుకుంటారు.

" 'అయితే, మెనోమీటరు చూడు, అది ఏం సూచిస్తున్నది?' అన్నాడాయన.

" 'పీడనం హెచ్చుగా వున్నది.'

" 'మంచిది, చూశావా? మనం నింపాదిగా దిగుతూ దిగువనున్న చిక్కని గాలికి క్రమంగా అలవాటు పడితే అంత బాధ వుండదు.'

" 'వుండక పోవచ్చు, చెవులలో కొంచెం పోటు తప్పిస్తే' అన్నాను నిరుత్సాహంగా.

" 'దానికేముందిరా అబ్బాయి!'

" 'అంతేలే!' అన్నాను. మా చిన్నాన్నకు ఎదురు చెప్పదలచుకోలేదు. 'దట్టమైన గాలిలో ఉండడం కూడా సరదాగానే వుంది. ధ్వని ఎంత గట్టిగా ప్రసారమవుతున్నదో చూశారా?'

" 'చూడకేం? ఈ వాతావరణంలో చెవిటివాడు కూడా వినగలడు.'

" 'కాని, చిన్నాన్న, యీ గాలి సాంద్రత ఇలాగే పెరుగుతూ పోతుందికదా.... పోగాపోగా గాలి నీరంత సాంద్రం కాదా?' అని నింపాదిగా అనడానికి సాహసించాను.

" 'తప్పకుండా, 770 వాతావరణ పీడనాలకు అలా జరుగుతుంది' అన్నాడాయన గంభీరంగా.

" 'ఇంకా దిగువకు పోతే?' అన్నాను సహజమయిన ఆదుర్దాతో.

" 'ఇంకా లోతుకు పోతే సాంద్రత ఇంకా పెరుగుతుంది.'

" 'అంత చిక్కని గాలిలోకి ఎలా దిగుతాం?'

" 'జేబులనిండా రాళ్లు పట్టుకుని ఆ భారంతో దిగుతాంరా నాయనా!'

" 'అన్నిటికీ మీకు జబాబులున్నాయి బాబాయి' అని ఊరుకున్నాను.

"ఇంక ఊహా విషయాలను అట్టే తలచడం మంచిది కాదని అనిపించింది. ఏమంటే నేను తప్పక ఏదో అసాధ్యమయిన విషయం ప్రస్తావిస్తాను, బాబాయి మండి పడతాడు. అయినప్పటికీ ఒకటి స్పష్టమవుతూనే వుంది. కొన్ని వేల వాతావరణ పీడనాలకు గురి అయి గాలి ఘనస్థితికి పోతుంది. ఆ వత్తిడికి శరీరాలు తట్టుకుంటాయే అనుకున్నా, మేము ఆగి పోకతప్పదు. ఎంత వాదించి లాభం వుండదు. వాదనలను వాస్తవ ఘటనలు జయిస్తాయి."

# ఊహ, గణితం

అది నవలాకారుని కథనం. ఆయన చెప్పిన విషయాలకు ఋజువు చూతాము. ఆయన చెప్పినది తప్పని తేలుతుంది. అందుకు గాను మనం భూగర్భంలోకి ప్రయాణించనవసరం లేదు కూడాను. భౌతికశాస్త్రంలోకి చిన్న షికారు చేసేందుకు మనకు కావలసినది పెన్సిలు కగితమూనూ.

వాతావరణ పీడనము ఒక సహస్రాంశం పెరగాలంటే ఎంత లోతుకు దిగాలో ముందు కనుక్కుందాం. సాధారణ వాతావరణ పీడనం 760 మిల్లిమీటర్ల ఎత్తు పాదరస స్తంభం బరువుకు సమానం. మనం వున్నది గాలిలో కాక పాదరసంలో అయితే పీడనం సహస్రాంశం పెరగడానికి $\frac{760}{1000}=0.76$ మిల్లిమీటర్లు దిగితే చాలు. గాలిలో అయితే ఇంకా చాలా లోతుకు దిగాలి, గాలి పాదరసం కన్న ఎన్ని రెట్లు తేలికో అన్ని రెట్లు లోతుకు దిగాలి — అంటే 10,500 రెట్లు. అందుచేత పీడనం సాధారణ పీడనంలో సహస్రాంశం పెరగాలంటే మనం $0.76 \times 10,500$ అనగా దాదాపు 8 మీటర్లు దిగాలి. మనం ఇంకా 8 మీ. లోతుకు దిగితే పీడనం దాని విలువలో 1000 వ వంతు పెరుగుతుంది.* భూమిపైకప్పు అనబడే పామీరు పీఠభూమి అయేది (22 కి.మీ.), ఎవరెస్టు శిఖరంమీద అయేది (9 కి.మీ.), సముద్రం ఒడ్డున అయేది — మనం ఎక్కడ వున్నా సరే వాయు పీడనం తన ప్రారంభ విలువలో సహస్రాంశం పెరగాలంటే 8 మీటర్ల లోతుకు దిగాలి. లోతుతోబాటు వాయు పీడనం ఎలా పెరిగేది యీ దిగువ చూపబడినది.

నేలమట్టాన పీడనం=నార్మల్ పీడనం$=760$ మి.మీ.
8 మీటర్ల లోతున పీడనం =నా.పీ. $\times 1.001$
$2 \times 8$ మీటర్ల లోతున పీడనం=నా.పీ. $\times (1.001)^2$
$3 \times 8$ మీటర్ల లోతున పీడనం=నా.పీ. $\times (1.001)^3$
$4 \times 8$ మీటర్ల లోతున పీడనం=నా.పీ. $\times (1.001)^4$

---

* వచ్చే 8 మీటర్ల గాలిపొర ముందు దానికంటే సాంద్రమైనది. అంచేత పీడనాధిక్యత కేవల విలువలు తీసుకుంటే ముందు పొరలో కంటె ఎక్కువ ఉంటుంది. అది ఎక్కువ ఉండి తీరాలి కూడాను ఎంచేతంటే ఈ సందర్భంలో మనం విలువలోని ఎక్కువ సహస్రాంశంతో గుణిస్తాం.

కనుక $n \times 8$ మీటర్ల లోతున వాయు పీడనం సాధారణ పీడనానికి $(1.001)^n$ రెట్లుంటుంది. గాలియొక్క పీడనం మరీ హెచ్చుగా ఉండినప్పుడు దాని సాంద్రత కూడా అన్నే రెట్లు పెరుగుతుంది (మరియోట్ సూత్రం).

ప్రొఫెసరూ ఆయన బంధువూ 48 కిలోమీటర్లు లోతుకు మాత్రమే దిగినట్లు జూల్స్ వెర్న్ చెబుతున్నాడు. కనుక మనం గురుత్వాకర్షణలో కలిగే తరుగుదలా, దాని మూలంగా గాలి బరువులో కలిగే తరుగుదలా పాటించ నవసరం లేదు. అయితే ఆ భూగర్భ యాత్రికులు 48 కి. మీటర్ల, లేక 48,000 మీటర్ల లోతున ఎంత వాయు పీడనానికి గురి అయివుండాలి లెక్క గట్ట వచ్చు. $n = \frac{48,000}{8} = 6,000.$ $(1.001)^{6000}$ ఎంతో మనం గుణించాలి. 1.001 ను దాని చేతను 6,000 సార్లు గుణించాలంటే పెద్ద బండపని, కాల వ్యయం కూడాను. అందుచేత "లాగరిదము"లను వుపయోగ పరుద్దాము. యీ లాగరిదములు ఫ్రెంచి నక్షత్ర శాస్త్రవేత్త లప్లాస్ చెప్పినట్లు గణన కాలాన్ని సగం చేసి గణకుడి ఆయువును రెట్టింపు చేస్తాయి.*

లాగరిదములను తీసుకొనగా

$$\log x = 6000 \times \log 1.001 = 6000 \times 0.00043 = 2.6$$

2.6 యొక్క లాగరిదమునుంచి $x = 400$ అని మనకు తెలుస్తుంది.

కనుక 48 కిలోమీటర్ల లోతున వాయు పీడనం సాధారణ పీడనానికి 400 రెట్లు వుంటుంది. యీ పీడనానికి గాలియొక్క సాంద్రత 315 రెట్లు అవుతుందని ప్రయోగాల ద్వారా ఋజువవుతున్నది. అందుచేత జూల్స్ వెర్న్‌యొక్క భూగర్భ యాత్రికులకు చెవులలో పోటు తప్ప మరేమీ కష్టం కలగలేదంటే నమ్మడం కష్టం. అయితే వారింకా లోతుకు 120 కి.మీటర్ల లోతుకు 325 కిలోమీటర్ల లోతుకు సహితం వెళ్లినట్టు జూల్స్ వెర్న్ చెబుతున్నాడు. అంత లోతున వాతావరణ పీడనం దారుణంగా వుండి వుండాలి. పోతే మానవులు తమకి అపాయం లేకుండ వాతావరణ పీడనానికి 3, 4 రెట్లు తప్పించి ఎక్కువ తట్టుకోలేరు.

---

* మీలో లాగరిదములంటే ఇష్టంలేని వారు లప్లాస్ అన్న ఈ మాటలు చదివి మీ అభిప్రాయాన్ని మార్చుకోవచ్చు. "లాగరిదములు సృష్టికావడంవల్ల మాసాల తరబడి చెయ్యవలసిన గణితం కొద్ది రోజులలో ముగిసి సుదీర్ఘగణితాలవల్ల కలిగే పొరబాట్లు, క్లేశము తప్పించి నక్షత్ర శాస్త్రజ్ఞుడి జీవితము రెట్టింపు చేసినంత పనిచేస్తాయి. యివి మానవ మేధస్సునుంచి జనించినవి కనుక మానవ మేధస్సు గర్వించదగినవి కూడాను. సాంకేతిక శాస్త్రంలో మానవుడు తన పరిసర ప్రకృతిలోని శక్తులను ఆధారం చేసుకుని తన శక్తిని పెంచుకుంటాడు. కాని లాగరిదములు కేవలము మేధస్సునుండి వుత్పత్తి అయినవి."

పై సూత్రము ప్రకారం గాలి సాంద్రత ఏ లోతున నీటి సాంద్రతకు సమమవుతుందో – అంటే 770 రెట్లు అవుతుందో – గుణించినట్టయితే 53 కిలోమీటర్లని తెలుస్తుంది. అయితే ఇది సరికాదు. ఎందుచేతనంటే పీడనం మరీ హెచ్చయినప్పుడు పీడనానికి అను పాతంలో సాంద్రత ఉండదు. మరియోట్ సూత్రం కొద్ది వందల వాతావరణ పీడనాలకు మాత్రమే వర్తిస్తుంది. ప్రయోగాల ద్వారా తెలిసిన గాలి సాంద్రత వివరాలు దిగువ యీయ బడ్డాయి

| పీడనం | | సాంద్రత |
|---|---|---|
| 200 | వాతావరణాలు | 190 |
| 400 | –"– | 315 |
| 600 | –"– | 387 |
| 1500 | –"– | 513 |
| 1800 | –"– | 540 |
| 2100 | –"– | 564 |

పీడనంలోని వృద్ధితో పోలిస్తే సాంద్రతలోని వృద్ధి వెనుక పడటం స్పష్టంగా తెలుస్తుంది. గాలి సాంద్రత నీటి సాంద్రతను మించే లోతుకు వెళ్లతామని జూల్స్ వెర్న్ ప్రొఫెసరు అనుకున్నది కేవలం భ్రమ, 3,000 వాతావరణ పీడనాలకు గాని గాలి సాంద్రత నీటి సాంద్రతకు సమం కాదు. గనుక ఆయన ఆ లోతుకు ఎన్నిటికి పోలేదు. అంత సాంద్రత వచ్చినాక గాలి దాదాపు సంపీడనం పొందదు. అంతేగాక కేవలపీడనంతో గాలిని ఘనీభవింప చెయ్యలేం. దానిని $-146^{\circ}C$ కన్న తక్కువగా చల్లపరచాలి.

న్యాయం చెప్పాలంటే నేను వివరించిన యీ విషయాలు జూల్స్ వెర్న్ తన నవలను రాసేనాటికి తెలియవు. ఆ కారణంచేత రచయితను మన్నించవచ్చునేగాని కథ వాస్తవికం కాబోదు.

మానవుడు తన ఆరోగ్యానికి నిరపాయంగా ఎంత అధికతమనిమ్నత గల గనిలోకి పోగలడో పైసూత్రం ఉపయోగించి తెలుసుకుందాం. మన శరీరం భరించగల అధికతమ పీడనం మూడు వాతావరణాలు. మనం నిర్ణయించ వలసిన గని లోతు $x$ అనుకుందాం అప్పుడు సమీకరణం యిలా వుంటుంది

$$(1.001)^{\frac{x}{8}} = 3$$

లాగరిదములుపయోగించి $x$ అన్నది 8.9 కిలోమీటర్లని తెలుసుకోవచ్చు.

అంటే మానవుడు ప్రాణాపాయం లేకుండా సుమారు 9 కిలోమీటర్ల లోతుకు వెళ్లవచ్చు. పసిఫిక్ సముద్రం అకస్మాత్తుగా ఎండిపోయే పక్షంలో దాని అడుగున ఎక్కడయినా మనం జీవించగలం.

ప్రాణాపాయం ఏమీలేకుండా 30 రెట్ల వాతావరణపు ఒత్తిడిని మానవుడు భరించ గలడని ఇటీవలి పరిశోధనలు రుజావుచేశాయి. ఈ పరిశోధనల ఫలితంగా 300 మీటర్లపైగా నీటిలోకి స్కాఫండార్లు లేకుండానే దిగడం జరిగింది.

## లోతైన గనిలో

భూమియొక్క నడి బొడ్డుకు అత్యంత సన్నిహితంగా వెళ్లేదెవరు — నవలాకారుడి వూహాలో కాదు. వాస్తవజీవితంలో? గని పనివాళ్లని వేరే చెప్పాలా? ప్రపంచంలోకెల్లా లోతైన గని దక్షిణాఫ్రికాలో వున్నది. (చూ. అధ్యాయం 4.) అది 3 కిలోమీటర్లకు పైబడిన లోతు వున్నది. ఇక్కడ ఉద్దేశించబడిన లోతు డ్రిల్లులతో తవ్వబడిన 7.5 కిలోమీటర్ల లోతు కాదు — మనుషులు చొరబడిన లోతు. డాక్టర్ లుక్ దుర్తా అనే ఫ్రెంచి రచయిత మోరో వెల్హోలోని గనికి (2,300 మీటర్ల లోతు) వెళ్లి వచ్చి ఇలా చెప్పాడు:

"ప్రసిద్ధమైన మోరో వెల్హో బంగారు గనులు రియో డి జనీరోకు సుమారు 400 కిలోమీటర్ల దూరాన ఉన్నాయి. పదహారు గంటలపాటు కొండల మధ్యగా ప్రయాణం చేసి ఒక లోతైన లోయ అడుగుకు చేరుకుంటాం. లోయ చుట్టూ అడవి. ఇక్కడ ఒక బ్రిటిష్ సంస్థ మానవుడెన్నడూ పూర్వం దిగనంత లోతున బంగారం తీస్తున్నది.

"బంగారం పొర ఏటవాలుగా దిగి ఉన్నది. దాని వెంబడే గని తవ్వుకుంటూ వెళ్లారు. గని ఆరు 'మెట్లు' కలిగి ఉన్నది. దాని నిలువు రంధ్రాలు బావుల్లాగాను అడ్డ రంధ్రాలు సొరంగాల లాగున ఉంటాయి. భూపటలంలో గనులలోకెల్లా హెచ్చులోతైన గనీ, భూగర్భంలోకి చొచ్చుకుపోవడంలో మానవుడు చూపిన అపారసాహసమూ బంగారం వెతకడం కోసమే సంభవించడం ఆధునిక సమాజతత్వాన్ని అత్యంత స్పష్టంగా చూపిస్తున్నది.

"కాన్వాసులాగు, తోలు చొక్కా ధరించి వెయ్యికళ్లతో చూచుకుంటూ ఉండండి, బావిలో పడే గులక రాయివల్ల కూడా గట్టి దెబ్బ తగలవచ్చు. గనికి సంబంధించిన 'కెప్టెను' ఒకడు మీవెంట ఉంటాడు. మొదటి సొరంగంలో ప్రవేశించగానే చలిగాలికి మీ ఒళ్లు జిల్లు మంటుంది. గనిలోతులను చల్లగా ఉంచడానికి ప్రసారం చెయ్యబడే గాలి ఉష్ణోగ్రత $+4^{\circ}C$ మాత్రమే ఉంటుంది.

"అక్కడినుంచి యిరుకుగా వుండే బోనులో 700 మీటర్ల లోతు దిగినాక రెండవ

సారంగం వస్తుంది. అక్కడినుంచి మళ్లీ నిలువుగా దిగాలి. దిగువకు పోతున్న కొద్దీ గాలి వెచ్చబడుతుంది. ఇప్పటికి మీరు సముద్రమట్టానికి దిగువగా వుంటారు.

"ఆతరువాత వచ్చే నిలువు 'బావి'లో మీ ముఖం వేడి గాలికి మాడిపోతుంది. చెమటలు దిగకారుతూ, ఇరుకు సారంగంలో వంగి నడుస్తూ తవ్వుడు యంత్రాలు రొద చేసే చోటకు చేరుకుంటారు. ఇక్కడ గనిపనివాళ్లు నడుములు దాకా దిగంబరులుగా ఉండి చెమట ప్రవాహాలు కారుతూ దట్టమైన దుమ్ము మేఘాల మధ్య పనిచేస్తూ వుంటారు. మంచినీటి పాత్ర ఆగకుండా చేతులు మారుతూనే ఉంటుంది. అప్పుడే తవ్విన ముడి లోహపు ముక్కలను తాకకండి. వాటి ఉష్ణోగ్రత 57 డిగ్రీలుంటుంది.

"ఈ యేహ్యమైన, జుగుప్సాకరమైన కృషి ఫలిత మేమిటి? రోజుకు సుమారు 10 కిలోగ్రాములు బంగారం."

గని దిగువున వున్న వాస్తవ భౌతిక పరిస్థితులను గని పనివాళ్లచేత చెమటోడ్చి పని చేయించడాన్ని వర్ణించేటప్పుడు ఫ్రెంచి రచయిత హెచ్చుగా ఉండే ఉష్ణోగ్రతను ప్రస్తావించాడు గాని, వాయు పీడనాన్ని గురించి ఏమీ చెప్పలేదు. అందుచేత మనం 2,300 మీటర్ల లోతున అది ఏ ప్రమాణంలో ఉంటుందో తెలుసుకోవడానికి ప్రయత్నింతాం.

ఉష్ణోగ్రతలో ఏమి మార్పులేనట్టయితే, భూమి ఉపరితలంలో లాగానే ఉంటే, 2,300 మీటర్ల లోతున గాలి సాంద్రత మనకు పరిచయమున్న సూత్రం ప్రకారం —

$$(1.001)^{\frac{2300}{8}} = 1.33 \text{ రెట్లు పెరగాలి.}$$

కాని వాస్తవంలో ఉష్ణోగ్రత హెచ్చుతుంది. అందుచేత గాలియొక్క సాంద్రతలో చెప్పుకోదగిన పెరుగుదల ఉండదు. తక్కువ ఉంటుంది. మొత్తంమీద చూసినట్టయితే గాలి సాంద్రతలో నేలమట్టాన, గని అడుగునా ఉండే వ్యత్యాసం నీరు గడ్డ కట్టే మంచు అయే రోజున ఉండేదానికి మండు వేసవిలో ఉండేదానికి గల వ్యత్యాసాన్ని పోలి ఉంటుంది. కనుకనే గనిని చూడబోయే వారికి వ్యత్యాసం తెలియదు.

అయితే అంత లోతైన గనుల దిగువన గాలిలోని చెమ్మ చాలా హెచ్చుగా ఉంటుంది. దానికి తోడు వేడి హెచ్చుగా ఉండడంచేత దుర్భరమవుతుంది. దక్షిణాఫ్రికాకు చెందిన జోహన్స్‌బర్గ్ సమీపంలో వున్న ఒక గనిలో (లోతు 2,553 మీటర్లు) 50 డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రతలో తేమ నూటికి నూరు పాళ్లుంటుంది. దీనిని నిరోధించడానికి అక్కడ "ఏర్ కండిషనింగ్" ఏర్పాటు చేశారు. యీ ఏర్పాటు ఫలితం 2,000 టన్నుల మంచుగడ్డ యిచ్చే చల్లదనానికి సమంగా ఉంటుంది.

# స్ట్రాటోస్ఫియర్ బెలూనులో

మనం ఇప్పటి వరకు — మానసికంగానే అనుకోండి — భూగర్భంలోనే దిగుతూ వచ్చాం. లోతుకు అనుగుణంగా గాలి పీడనం ఏలా మారేది విర్దేశించే ఒక సూత్రాన్ని మనం ఉపయోగ పరుచుకున్నాం. ఇప్పుడు మనం పైకి పోసాహసిద్దాం. అదే సూత్రం ఆధారంతో ఎత్తును బట్టి వాయు పీడనం ఏలా మారేది తెలుసుకుందాం. ఆ సూత్రాన్ని ఇప్పుడు మనం ఇలా మార్చాలి: $p=0.999^{\frac{h}{8}}$

ఇందులో $p$ అన్నది వాతావరణాలలో చెప్పబడిన వాయు పీడనం, $h$ అన్నది ఎత్తు (మీటర్లలో). పూర్వం ఉపయోగించిన 1.001 స్థానంలో ఇప్పుడు 0.999 ఉపయోగిస్తున్నాం, ఎందుకంటే ప్రతి 8 మీటర్ల ఎత్తుకు వాయు పీడనం సహస్రాంశం (0.001) త రు గు తు ం ది, పెరగదు.

గాలియొక్క పీడనం సగం కావడానికి ఎంత ఎత్తు వెళ్లాలో మొదట తెలుసుకుందాం. అంటే $p=0.5$ అవుతుంది. $h$ ఎంతో నిర్ణయించాలి సూత్రం ఇలా ఉంటుంది:

$$0.5=0.999^{\frac{h}{8}}$$

లాగరిదముల సహాయముతో గుణించినట్టయితే $h$ విలువ 5.6 కిలోమీటర్లు వస్తుంది. ఆ ఎత్తున వాతావరణ పీడనం సగం ఉంటుందన్నమాట.

19 కిలోమీటర్లు 22 కిలోమీటర్లు ఎత్తుకు వెళ్లిన సాహసవంతులైన సోవియట్ వైమానికులలాగ మనం కూడా ఇంకా పైకి పోదాం. ఇంత ఎత్తున ఉండే గాలి పొరను స్ట్రాటోస్ఫియర్ అంటారు. ఆ యెత్తుకు వెళ్లే బెలూనులను స్ట్రాటోస్ఫియర్ బెలూనులంటారు. "ఎస్. ఎస్. ఎస్. ఆర్.", "ఆసవియాహిమ్ — 1" అనే స్ట్రాటోస్ఫియర్ బెలూనులు 1933 లోను, 1934 లోను 19, 22 కిలోమీటర్లు ఎత్తులకు వెళ్లి ప్రపంచ రికార్డు స్థాపించాయి.

ఇంతేసి ఎత్తులలో వాయుపీడనం ఏలా వుండేది తెలుసుకుందాం. 19 కి.మీ. ఎత్తున పీడనం

$0.999^{\frac{19000}{8}}=0.095$ వాతావరణ పీడనం$=72$ మిల్లీమీటర్లు ఉంటుంది;

22 కిలోమీటర్ల యెత్తున

$0.999^{\frac{22000}{8}}=0.066$ వాతావరణ పీడనం$=50$ మి.మీ. వుంటుంది.

కాని వాస్తవంగా ఆ బెలూనులలో రికార్డైన పీడనం భిన్నంగా ఉన్నది. 19 కి.మీ. ఎత్తున 50 మి.మీ., 22 కి.మీ. ఎత్తున 45 మి.మీ. ఉన్నది. మన లెక్క ఎందుకు తప్పయింది?

అంత చిన్న పీడనాలకు మరియోట్ సూత్రం చక్కగా వర్తిస్తుంది. కాని ఈ సారి మనం ఇంకొకటి వదిలేసాం. మనం గాలి ఉష్ణోగ్రతలో జరిగే మార్పు పరిగణించలేదు. ఎత్తుకు పోయిన కొద్దీ అది జోరుగ తగ్గుతుంది. ఒక్కొక్క కిలోమీటరు పైకి వెళ్లిన కొద్దీ ఉష్ణోగ్రత 6.5°C తగ్గుతుందంటారు. ఇలా 11 కిలోమీటర్ల ఎత్తుదాకా తగ్గుతూపోయి, ఆపైన చాలా దూరంవరకు – 56° ఉష్ణోగ్రత నిలిచి వుంటుంది. ఈ విషయాన్ని కూడా పరిగణించినట్టయితే ఫలితాలు వాస్తవానికి దగ్గరగా ఉంటాయి – ఇందుకు ప్రాథమిక గణితం ఉపయోగపడదు. లోతయిన గనులలోని వాతావరణ పీడనాన్ని గుణించినప్పుడు ఫలితాలు ఈ కారణంచేత పుజ్జాయింపుగానే ఉంటాయని భావించాలి.

ఇటీవల ఎత్తు పరిమితి ఇంకా హెచ్చుగా వుంటుంది. ఈ నాడు మామూలుగా తయారుకాబడుతూన్న యుద్ధవిమానాలు 25–30 కి.మీ. ఎగురుతాయి. సోవియట్ విమానచోదకులు 34 కి.మీ. ఎత్తుకు ఎగిరి ప్రపంచ రికార్డును అధిగమించారు.

# ఏడవ అధ్యాయం

# ఉష్ణం

## విసనక్ర్ర

ఆడవాళ్ళు విసనక్ర్రలతో విసురుకొన్నప్పుడు వారికి తప్పక చల్లగా ఉంటుంది. వారా పనిచెయ్యడంవల్ల అక్కడే ఉన్న ఇతరులకేమి ఇబ్బంది కలగదని, ఆ స్త్రీలు గదిలో గాలిని చల్లబరచడం వల్ల వారికి అందరూ కృతజ్ఞులై ఉండాలని అనిపించవచ్చు.

ఇది నిజమో కాదో చూద్దాం. విసురుకున్నప్పుడు మనకు చల్లగా ఎందుకనిపిస్తుంది? మన ముఖాన్ని స్పృశించి ఉండే గాలి వేడెక్కుతుంది. ఆ కనిపించని వేడిగాలి కవచమే మన ముఖాన్ని వేడెక్కిస్తుంది. అంటే ఆపైన ముఖంయొక్క వేడి వినర్జన పొందకుండా చేస్తుంది. గాలి నిశ్చలంగా ఉన్నప్పుడీ వెచ్చని గాలిని చల్లని బరువైన గాలి అతి నెమ్మదిగా మాత్రం పైకి తోస్తూ ఉంటుంది. మనం విసురుకున్నప్పుడు అయితే వెచ్చని గాలి ముఖం దగ్గరనుంచి తరమబడి ముఖానికి వేడెక్కని గాలి తెరలు తెరలుగా సోకి ముఖంయొక్క వేడిని గ్రహించుతుంది. ఆ విధంగా మనకు శైత్యోపచారం కలుగుతుంది.

అందుచేత స్త్రీలు విసురుకునేటప్పుడు వెచ్చని గాలిని తోసివేసి దాని స్థానంలో వేడెక్కని గాలిని నింపుతుంటారు. ఈ గాలి వేడెక్కి ముఖం దగ్గరనుంచి పోయి దాని స్థానంలోకి మళ్ళా వేడెక్కని గాలి వస్తుంది. ఆవిధంగా సాగుతుంది.

విసురుకోవడంచేత గాలి కలగలియడమూ, గదిలోని గాలి ఉష్ణోగ్రత అంతటా ఒకే స్థితికి రావడమూ వేగంగా రావడమూ జరుగుతుంది. అంటే ఇతరుల చుట్టూ ఉండే చల్లగాలి సహాయంతో విసురుకునే మనిషి ముఖం పొందుతుందన్నమాట. విసురుకోవడంలో మరొక విశేషం కూడా ఉన్నది, దానినిప్పుడు వివరిస్తాము.

# మారుతాలు చలిని జాస్తి చేస్తాయి*

తుషారంలో గాలి నిశ్చలంగా వున్నప్పటికంటె గట్టిగా వీచేటప్పుడు చలి మరింత కోతపెట్టడం మీకు తెలిసిన సంగతే. అందుకు కారణం ఏమిటో మీలో అందరికీ స్పష్టంగా తెలీకపోవచ్చు. ఈదరగాలి మరింత చల్లగా వున్నట్టనిపించేది ప్రాణులకు మాత్రమే. వీచే గాలికి ఎదురుగా పెడితే ఉష్ణోగ్రత తగ్గినట్టు థర్మామీటరు చూపదు. ఎంత చలిలో కూడా గాలి నిశ్చలంగా వున్నప్పుడు వెచ్చబడిన గాలి ముఖానికి శరీరానికి సోకి వుండి వేగంగా చల్లగాలికి చోటివ్వదు. కాని గాలి వీచేటప్పుడు యీ వెచ్చని పొర తొలిగిపోయి ముఖంనుంచి శరీరంనుంచి వేడి శీఘ్రంగా విసర్జన అవుతుంది. అందుచేత ఈదరగాలికి చలి జాస్తి అనిపిస్తుంది. గాలి ఎంత గట్టిగా వీస్తే అంత హెచ్చు మొత్తంలో అది ప్రతి క్షణమున శరీరాలకు సోకుతుంది. అలాగే మన శరీరాల వేడి హెచ్చు ప్రమాణంలో ప్రతి క్షణమూ విసర్జన కూడా పొందుతుంది. చలి పుట్టటానికిదే చాలు.

కాని మరొక కారణం కూడా వున్నది. మన చర్మం ఎల్లప్పుడూ చలిగాలిలో కూడా చెమ్మను విసర్జిస్తుంది. చెమట పోయటానికి వెచ్చదనం అవసరం. యీ వెచ్చదనం శరీరాల నుంచీ వాటిని స్పృశించి ఉండే గాలినుంచీ లభిస్తుంది. గాలి నిశ్చలంగా వున్నప్పుడు చర్మాన్ని సోకి వుండేగాలి త్వరలో తేమతో నిండి పోవడంచేత చెమటనింపాదిగా పోస్తుంది. (తేమగాలిలో బాష్పీకరణం చురుకుగా సాగదు. చెమటత్వరగా ఆరదు.) కాని గాలి వీస్తూవుండి అనుక్షణమూ చర్మాన్ని కొత్త గాలి స్పృశించేటప్పుడు చెమట పట్టడం చురుకుగా సాగుతుంది. అందుకుగాను హెచ్చువేడి అవసరమయి అది శరీరంనుంచి సంగ్రహించబడుతుంది.

వీచేగాలికి చల్లార్చేశక్తి ఏపాటి వుంటుంది? అది గాలియొక్క ఉష్ణోగ్రత, వీచే వేగం బట్టి ఉంటుంది. సాధారణంగా అందరూ అనుకొనే దానికంటె అది చాలా ఎక్కువ. ఈ ఉష్ణపతనం ఎంత ఉంటుందో తెలిసేలాగ ఒక ఉదాహరణ ఇస్తాను. గాలి ఉష్ణోగ్రత $+4°C$ అనుకుందాం. గాలి వీచటం లేదు. అటువంటి సందర్భంలో మన శరీర చర్మం $31°C$ ఉష్ణోగ్రత కలిగి ఉంటుంది. గాలి సెకండుకు 2 మీటర్ల వేగంతో నింపాదిగా — ఆవేగానికి జెండాలు నెమ్మదిగా రెపరెపలాడుతాయి — ఆకులు గలగలలాడవు — వీచినట్టయితే చర్మంయొక్క ఉష్ణోగ్రత 7 డిగ్రీలు తరుగుతుంది. జెండాలను రెపరెపలాడించే

---

* ఈ విభాగం శీతల దేశాల చలిని దృష్టిలో ఉంచుకొని వ్రాసినది. మన దేశంలో కూడా శీతాకాలపు ఉదయాలలో ఈ విషయాన్ని కొంతవరకు గమనించ వచ్చు. — అను.

వేగంగల గాలికి — సెకండుకు 6 మీటర్లు — చర్మంయొక్క ఉష్ణోగ్రత 22 డిగ్రీలు తరిగి 9 డిగ్రీలు ఉష్ణోగ్రతకు వచ్చేస్తుంది!

కనుక, తుషార శైత్యం మనని ఎంతగా బాధించేదీ తెలుసుకోవాలి అంటే టెంపరేచరు మాత్రమే పరిగణిస్తే చాలదు. వాయువేగాన్ని కూడా పరిగణించాలి. ఒకే ప్రమాణంగల చలిని మాస్కోలోకన్న లెనిన్‌గ్రాడ్‌లో భరించటం ఎక్కువ కష్టం. ఎందుకంటే బాల్టిక్ తీరాన (లెనిన్‌గ్రాడ్‌లో) వాయువేగం సెకండుకు 5–6 మీటర్లు. మాస్కోలో 4.5 మీటర్లు మాత్రమే. బైకాల్ సరస్సుతీరాన చలి భరించటం మరీ తేలిక. అక్కడి వాయువేగం సెకండుకు 1.3 మీటర్లు మాత్రమే. అందుచేతనే తరచు మైనస్ 40 – 60° మించిన ప్రసిద్ధ మయిన తూర్పు సైబీరియా చలి యూరపుయొక్క శీతల పవనాలకు అలవాటు పడిన మనకు మనం అనుకున్నంత దుర్భరంగా వుండవు. తూర్పు సైబీరియాలో ప్రత్యేకించి శీతాకాలంలో దాదాపు గాలి వీచదు.

## ఎడారి గాడ్పులు

నేనిప్పుడు చెప్పిన విషయాలను బట్టి ఎండమండిపోయే రోజున వీచేగాలి సుఖం కలిగించాలని తోచవచ్చు. అలా అయితే ఎడారిలో ప్రయాణం చేసేవారు గాడ్పులు మాడ్చేస్తాయని ఎందుకంటారు?

యీ వైపరీత్యానికి కారణం ఏమంటే ఉష్ణమండలాలలో గాలి సామాన్యంగా శరీరం కన్న హెచ్చు ఉష్ణోగ్రత కలిగి వుంటుంది. గాడ్పువల్ల శరీరం చల్ల బడకపోగా మరింత వేడెక్కడంలో వింత ఏమీ లేదు. యీ సందర్భంలో శరీరం తన వేడిని గాలికి ఇవ్వడానికి బదులు అట్నించి ఇటు అవుతుంది. గాలి శరీరాన్ని మరింత వేడెక్కిస్తుంది. అందుచేత క్షణక్షణమూ ఎంత హెచ్చు మొత్తంలో గాలి శరీరానికి సోకితే అంతవేడి అని పిస్తుంది. నిజానికి ఇక్కడ కూడా గాలివల్ల చెమట జాస్తీగా ఇగురుతుంది. కాని పై కారణంవల్ల దాని ప్రయోజనముండదు. కనుకనే ఎడారి వాసులు (ఉదాహరణకు తుర్కెస్థాన్ వాసులు) వెచ్చని దుస్తులు బొచ్చుటోపీలు ధరిస్తారు.

## మేలిముసుగులు వెచ్చదనాన్నిస్తాయా?

నిత్యజీవితంలో ఎదురయు భౌతికశాస్త్ర సమస్యలలో ఇదొకటి. మేలిముసుగులు ధరించటం వల్ల వెచ్చగా వుంటుందని అవి లేకపోతే చలి వేస్తుందని స్త్రీలు చెపుతారు. అవి పలచగా

వుండి నేత ఎడంఎడంగా వుండడంచేత యీ మేలిముసుగులను చూస్తే మగవాళ్లకు ఈ మాటలమీద నమ్మకం కలగదు. అది వారికి స్త్రీల ఊహాగానం మాత్రమే అనిపిస్తుంది.

కాని పైన చెప్పినదంతా విన్న మీకు స్త్రీలనే మాటల్లో హెచ్చునమ్మకం వుంటుందనుకుంటాను. నేత ఎంత ఎడంగా వున్నప్పటికీ అటువంటి గుడ్డలోపలికి గాలి నింపాదిగానే ప్రవేశిస్తుంది. స్త్రీల ముఖాలను స్పృశించి ఉండే గాలి వేడెక్కి వెచ్చని గాలిముసుగు లాగ ఉంటుంది. బయటి గాలి వచ్చి దానిని తరిమి వేయకుండా మేలిముసుగు అడ్డుకుంటుంది. కనుక చలిగా, గాలిగా ఉన్న రోజున స్త్రీలు తమ ముఖాలకు మేలిముసుగులో వెచ్చగా వుంటుందని చెప్పినప్పుడు మీరు వారి మాట నమ్మకపోవడానికి ఆధారం లేదు.

## చల్లబరచే కూజాలు

మెరుగు పెట్టని మట్టి పాత్రలకి తమాషా అయిన లక్షణం వుంది. అవి తమలో వుంచిన నీటిని చుట్టూ ఉన్న వస్తువుల కన్న చల్లబరుస్తాయి. అలాటి పాత్రలను దక్షిణ ప్రాంతపు దేశాలలో విరివిగా ఉపయోగిస్తారు. వాటికి వేర్వేరు పేర్లు కూడా స్పెయినులో "అల్కారాత్సా", ఈజిప్టులో "గొలా" అంటారు. [మన దేశంలో నీటిని చల్లబెట్టటానికి కూజాలు, కుండలు మొదలైనవి ప్రతివారు వుపయోగిస్తారు. అయితే అవి రష్యాలో అరుదు. — అను.]

నీటికి గల చల్లబరిచే గుణంయొక్క రహస్యం సుగమమైనది. ద్రవం పాత్రల మట్టి గోడల ద్వారా వెలుపలికి ఊరుతుంది. అక్కడ నింపాదిగా ఇగిరిపోతుంది. అలా ఇగిరేటప్పుడు పాత్రలోని వేడిని అందులోని ద్రవంయొక్క వేడిని కూడా తీసుకుంటుంది.

అయితే "దక్షిణానికి" వెళ్లివచ్చిన వారు పాత్రలలోని ద్రవం ఎంతో చల్లపడుతుందని వ్రాస్తారు.. కాని అది తప్పు. మరీ ఎక్కువగా చల్లబడదు. యీ చల్లబడడమనేది చాలా అంశాలపై ఆధారపడుతుంది. బయటి గాలి ఎంత వేడిగా వుంటే అంత శీఘ్రంగా పాత్ర "గోడలను" తడిపే ద్రవం పైనుంచి యిగిరిపోయి పాత్రలోని ద్రవం అంత హెచ్చుగా చల్లబడుతుంది. చల్లబడడం గాలిలోని చెమ్మమీద ఆధారపడి ఉంటుంది. చెమ్మ ఎక్కువగా వున్నప్పుడు పాత్రల తడి త్వరగా ఇగరదు, అందులోని ద్రవం చల్లబడకనే పోవచ్చు కూడా. గాలి పొడిగా వున్నప్పుడు పాత్రల తడి శీఘ్రంగా ఇగిరి వాటిలోని ద్రవం చాలా చల్లగా వుంటుంది. గాలి వీచడంవల్ల కూడా తడి శీఘ్రంగా యిగిరి ద్రవం చల్లబడుతుంది. వేడి గాడ్పు కొట్టేటప్పుడు తడిబట్టలు ధరించినవారికీ సంగతి అనుభవం అవుతుంది. ద్రవాలను చల్లబరచే కూజాలు ఉష్ణోగ్రతను 5 డిగ్రీలకన్న తగ్గించలేవు. వాతావరణపు ఉష్ణోగ్రత

33°C ఉన్నప్పుడు కూజాలోని జలం 28 డిగ్రీలు వుంటుంది. (అంటే వెచ్చని స్నానపు నీరు లాగ.) కనుక యీ చల్లారడం ఎందుకూ పొందనట్టేగా: కాని కూజాలు చల్లని నీటిని చల్లగా ఉంచడంలో బాగా పనికొస్తాయి. ఆ పనికే ముఖ్యంగా వీటిని వాడతారు.

మట్టి పాత్రలకు చల్లబరచే శక్తి ఎంత వుండేది మనం అంచనా కట్ట ప్రయత్నించవచ్చు. ఒక పాత్రలో 5 లీటర్ల నీరు పట్టుతుందని అందులో 0.1 లీటరు ఇగిరిపోతుందని అనుకుందాం. 1 లీటరు (లేక ఒక కిలోగ్రాము) నీరు ఆవిరి కావాలంటే 33 డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రతగల వేసవి రోజున 580 కాలరీల ఉష్ణశక్తి కావాలి. ఇగిరి పోయేది 0.1 కిలోగ్రాము నీరే గనుక దానికి కావలసినది 58 కాలరీలు. యీవేడి అంతా పాత్రలోని నీటినుంచే తీసుకోబడిన పక్షంలో ఆ నీటి ఉష్ణోగ్రత $^{58}/_{5}$ లేక సుమారు 12 డిగ్రీలు తగ్గుతుంది. అయితే, ఇగిరిపోవడానికి అవసరమైన ఉష్ణశక్తిలో హెచ్చు భాగం పాత్రమంచి చుట్టూ ఉండే గాలినుంచీ తీసుకోబడుతుంది. అంతేగాక పాత్రలోని నీరు చల్లబడేటప్పుడు పాత్ర చుట్టూ ఉండే గాలి దానిని వేడెక్కిస్తూనే ఉంటుంది. యీ కారణాలవల్ల వాస్తవంలో నీరు చల్లబడడం మనకొచ్చిన అంకెలో సగం కూడా వుండదు.

పాత్రను ఎండలో వుంచితే నీరు ఎక్కువ చల్లబడుతుందో, నీడలో ఉంచితే ఎక్కువ చల్లబడుతుందో చెప్పడం కష్టం. ఎండవల్ల పాత్రయొక్క తడి త్వరగా ఇగరడం నిజమేగాని, ఎండవల్ల నీరు త్వరగా వేడెక్కుతుంది కూడాను. పాత్రను గాలివీచే చోట నీడలో వుంచడం మంచిదనుకుంటాను.

# మంచులేని ఐస్ బాక్సు

బాష్పీకరణం వల్ల ఉష్ణోగ్రత తగ్గుతుందన్న సూత్రంపైన ఆహారపదార్థాలను దాచుకొనే "ఐస్ బాక్సు" ఐస్ అవసరం లేకుండా తయారుచెయ్యవచ్చు. దీన్ని తయారు చెయ్యడం చాలా తేలిక. ఆహారం ఉంచడానికి అరలుగల ఒక కొయ్యె పెట్టె తయారు చెయ్యాలి. (జింకు పూసిన ఇనుప రేకు పెట్టె అయితే మరీ మంచిది.) పెట్టె పైభాగంలో పొడుగయిన నీటి పాత్ర శుభ్రమైన, చల్లని నీటితో వుంచి, అందులో కాన్వాసుగుడ్డ ఒక చివరను ముంచి, దాని రెండవ చివరను పెట్టెదిగువ ఉండే రెండవ పాత్రలో ముందాలి. కాన్వాసును అరలవెనుకగా ఉండేటట్టు అమర్చాలి. పైపాత్రలోని నీరు కాన్వాసులో వత్తిలోలాగ పీల్చబడి ఎప్పుడూ కదులుతూ ఉంటుంది. దాని తడి ఇగిరేటప్పుడు పెట్టెలోని అరలన్నీ చల్లబడుతాయి.

యీ పెట్టెను గదిలో చల్లని ప్రాంతంలో వుంచాలి. ప్రతి సాయంకాలం పాత్రలోని నీటిని మార్చినట్టయితే రాత్రివేళ పెట్టె మరింత చల్లగా ఉంటుంది. పెట్టెలో అమర్చే రెండు పాత్రలు కాన్వాసు శుభ్రంగా వుండాలని చెప్పనవసరం లేదు.

## మనిషి భరించగల హెచ్చు ఉష్ణోగ్రత

మానవుడు సాధారణంగా ఊహించేదానికన్న హెచ్చు వేడిని తట్టుకోగలడు. దక్షిణ దేశాల వారు సమశీతోష్ణమండల వాసులు భరించలేని ఉష్ణోగ్రత కంటె చాలా హెచ్చు వేడిని భరించగలరు. మధ్య ఆస్ట్రేలియాలో వేసవి ఉష్ణోగ్రత నీడలో $+46^\circ C$ దాకా సాధారణంగా వస్తూవుంటుంది. (సుమారు 115 ఫా. డిగ్రీలు.) ఉష్ణోగ్రత $+55^\circ C$ (131 ఫా. డిగ్రీలు) వచ్చిన సమయాలు కూడా వున్నాయి. ఎర్రసముద్రం గుండా పర్షియన్ గల్ఫ్‌కు ప్రయాణించే నౌకల గదులలో వాయు సంచారము వున్నప్పటికీ ఉష్ణోగ్రత 50 డిగ్రీలు, ఇంకా ఎక్కువ అవుతుంది.

ప్రపంచంలోకెల్ల ప్రకృతిలో గమనించబడిన అధిక ఉష్ణోగ్రత $57^\circ C$ మించలేదు. యీ ఉష్ణోగ్రత కాలిఫోర్నియాలోని "మృత్యులోయ"లో కలిగింది. సోవియట్ యూనియన్‌లో అన్నిటికంటె వేడైన ప్రాంతమయిన మధ్య ఆసియాలో 50 డిగ్రీలు మించిన ఉష్ణోగ్రత కలగదు.

పైన చెప్పిన ఉష్ణోగ్రతలన్నీ నీడకు చెందినవి. ఈ సందర్భంలో వాతావరణ శాస్త్రజ్ఞుడికి నీడలోని ఉష్ణోగ్రతే ఎందుకు కావాలో చెపుతాను. గాలి తాలూకు సరియయిన ఉష్ణోగ్రత తెలుసుకోవాలంటే నీడలోనే దానిని కొలవాలి. ధర్మామీటరును ఎండలో వుంచినట్టయితే అది గాలిని మించి వేడెక్కి పోతుంది. అది చూపెట్టే ఉష్ణోగ్రత గాలియొక్క ఉష్ణస్థితి గురించి ఏ మాత్రమూ చెప్పదు. గాలి వేడిని గురించి తెలుసుకోవాలంటే ఎండలో వుంచిన ధర్మామీటరును చూడటం నిష్ప్రయోజనం.

మానవ శరీరం సహించగల అత్యధిక ఉష్ణోగ్రతను నిర్ణయించటానికి ప్రయోగాలు జరిగాయి. గాలి పొడిగా వుండి మనం క్రమంగా వేడెక్కిన పక్షంలో నీరు మరిగే వేడి (100 సెం. డిగ్రీలు లేక 212 ఫా. డిగ్రీలు) కన్న హెచ్చు వేడిని — 160 సెం. డిగ్రీల దాకా — సహించవచ్చునని బ్లాగ్డెన్, చెంట్రీ అనే ఇద్దరు బ్రిటిషు భౌతికశాస్త్రవేత్తలు రుజువు చేశారు. వారు ప్రయోగార్థం రొట్టెలుకాల్చే కొలిమిలో అనేక గంటలుండి పోయారు. యీసందర్భంలో "మనుష్యులు నిరపాయంగా ఉండగల గాలిలో గుడ్లు ఉడుకుతాయి. మాంసం వేగుతుంది" అని టిండాల్ అన్నాడు.

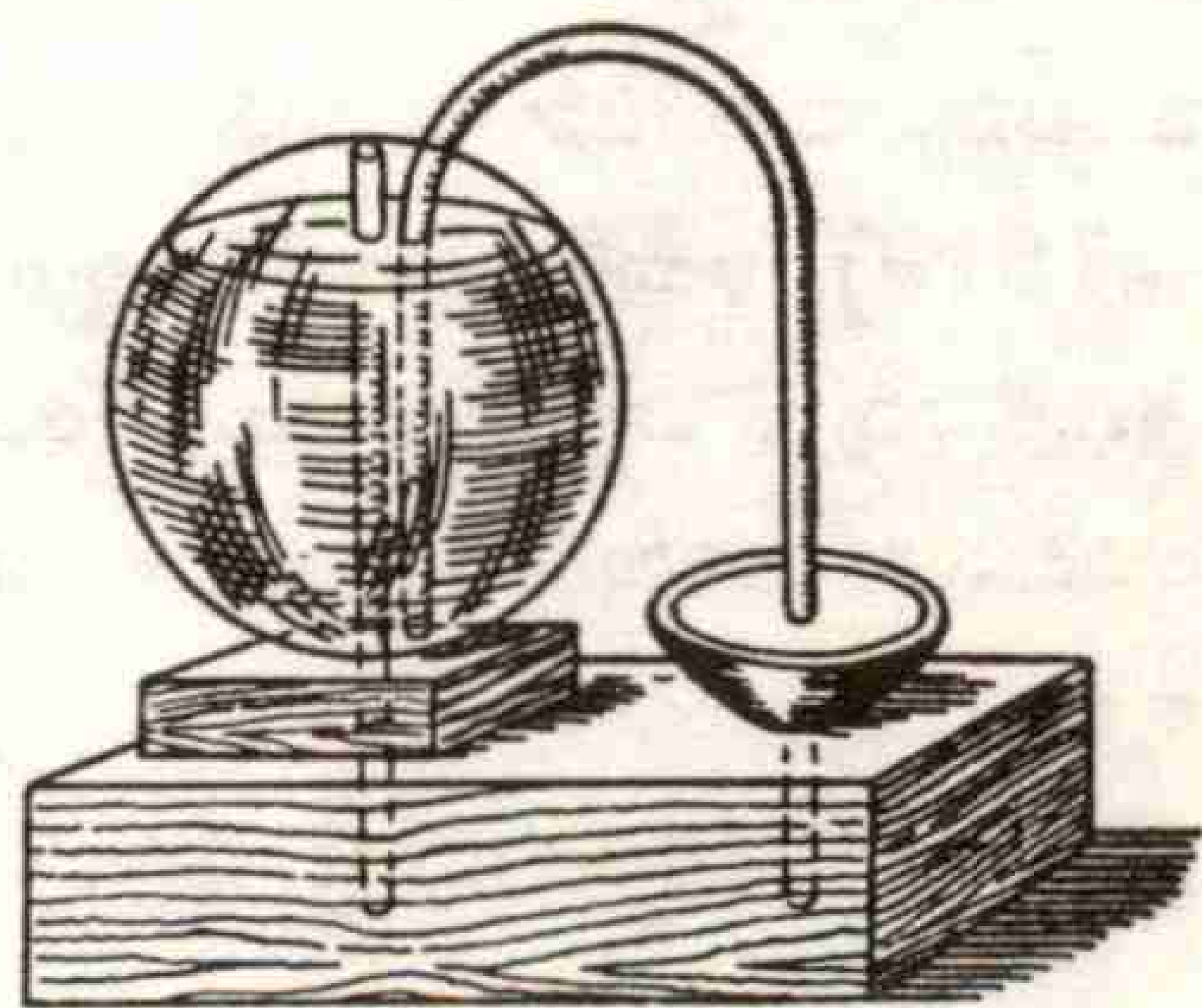
ఇది ఎలా సాధ్యమవుతుంది? మన శరీరాలు వేడిని నిరోధించి తమ సహజ ఉష్ణోగ్రతను నిలబెట్టుకుంటాయి. జాస్తిగా చెమటపట్టి వేడి నిరోధించ బడుతుంది. శరీరానికి సోకి వుండే గాలి తాలూకు వేడి చాలవరకు చెమట ఇగరడంలో గ్రహించబడుతుంది. అందుచేత ఆ గాలి చల్లబడుతుంది. ఉష్ణోత్పత్తి స్థానానికి శరీరం తగలకుండా వుండటమూ గాలి పొడిగా ఉండటమూ అత్యంత ప్రధానాంశాలు.

లెనిన్‌గ్రాడ్‌లో 24 సెం. డిగ్రీల "గాడ్పు" సహించటం కన్న మధ్య ఆసియాలో 37 సెం. డిగ్రీల వేడిని భరించటం తేలిక. కారణం లెనిన్‌గ్రాడ్ గాలిలో తేమ చాలా జాస్తి. మధ్య ఆసియాలో వర్షాలు చాలా అరుదు కావటంచేత గాలి పొడిగా వుంటుంది.

## థర్మామీటరా బరామీటరా?

టబ్బులో స్నానానికని నింపిన నీళ్లలో బరామీటరు పెడితే తుఫాను సూచించిందని వెనకొక వెర్రికుట్టె స్నానం మానుకున్నాట్ట!

అయినప్పటికీ థర్మామీటరుకూ బరామీటరుకూ తేడా తెలుసుకోవడం ఎల్లప్పుడూ తేలిక అనుకోవద్దు. కొన్ని రకాల థర్మామీటర్లను, సరిగా చెప్పాలంటే థర్మోస్కోపులను బరామీటర్లనవచ్చు అలాగే కొన్ని బరామీటర్లను థర్మాస్కోపులనవచ్చు. యిందుకు తగిన దృష్టాంతం హిరోన్ అనే అలెగ్జాండ్రియావాసి సృష్టించిన థర్మోస్కోపు (చిత్రం 83). ఎండవేడికి గోళం పై భాగంలో వుండే గాలి వ్యాకోచం పొంది దిగువన వుండే నీటిని వంకర గొట్టంగుండా పైకి తోస్తుంది. నీరు ఆ గొట్టం చివరనుంచి బొట్లుగా ఒక గరాటలో పడి దిగువన వుండే నీటి పెట్టెలోకి కారుతుంది. చలిగా వున్నప్పుడు గోళంలోని గాలి సంకోచం పొంది బయటి గాలి వత్తిడి మూలాన పెట్టెలోని నీరు తిన్నని గొట్టం గుండా గోళంలోనికి చేరుతుంది.



చిత్రం 83. హిరోన్ థర్మోస్కోపు.

అయితే యీ సాధనం వాతావరణ పీడనంలో కలిగే మార్పులను కూడా సూచిస్తుంది. వాతావరణ పీడనం తగ్గిపోయినప్పుడు లోపలగాలి పీడనం హెచ్చుకావడం చేత వ్యాకోచం పొంది కొంత నీటిని వంకరగొట్టంగుండా గరాటాలోనికి తోసేస్తుంది. అలాకాక బయటి

వాయుపీడనం హెచ్చినప్పుడు కింది పెట్టెలోని నీరు కొంత గోళంలోనికి వస్తుంది. ఉష్ణోగ్రతలో ఒక్కొక్క డిగ్రీ తేడా ఏర్పడినప్పుడల్లా గోళంలోని గాలియొక్క పరిమాణంలో దానికి అనుగుణమైన మార్పు కలుగుతుంది. (ఇది $\frac{760}{273}$ లేక 2.5 మిల్లిమీటర్ల ఎత్తుగల పాదరస స్తంభ భారానికి సమానం.) మాస్కో నగరంలోని బరామీటర్లు 25 మిల్లిమీటర్ల పై చిలుకు వ్యత్యాసాన్ని సూచిస్తాయి. హిరోన్ థర్మోస్కోపులో ఇది 8 డిగ్రీలను సూచిస్తుంది. అనగా వాతావరణ పీడనం 20 మిల్లిమీటర్లు తగ్గడం ఉష్ణోగ్రతలో 8 డిగ్రీలు పెరగడమన్నమాట.

దీన్ని బట్టి యీ ప్రాచీన థర్మోస్కోపు బరోస్కోపు (పీడన సూచి) గా కూడా ఉపయోగపడేదన్నది స్పష్టం. ఒకప్పుడు రష్యాలో నీటి బరామీటర్లమ్మేవారు. వాటిని థర్మామీటర్లుగా కూడా ఉపయోగించి వుండవచ్చు. అయితే యీ సంగతి వాటిని కొన్నవారికే కాక సృష్టించిన వారికీ తట్టలేనట్టుంది.

## లాంతరుగ్లాసు దేనికి?

లాంతరుగ్లాసు ఎంతగా పరిణామం చెంది ఇప్పటి రూపం పొందిందో చాలామందికి తెలియదు. కొన్నివేల సంవత్సరాలపాటు మానవులు గాజు అవసరం లేకుండానే కాంతికోసం మంటని వాడారు. దీపాలను ఎంతో బాగువరచిన మహామేధావి లియోనార్డో డా విన్సి (1452 – 1519). అయితే ఆయన దీపజ్వాలను గాజుగొట్టంతోకాక లోహపు గొట్టంతో కప్పేడు. ఈ లోహపు గొట్టాలకి బదులు పారదర్శకమైన గాజుగొట్టాలను వాడాలనే ఆలోచన రావడానికి మరి మూడు శతాబ్దాలు పట్టింది. కనుక, అనేక తరాల ఉపజ్ఞ ఫలితంగా లాంతరు గ్లాసులు వచ్చాయి.

వాటి ఉద్దేశ్యమేమిటి?

మీలో అందరూ సరి అయిన సమాధానం ఇవ్వగలరనుకోను. దీప జ్వాలను గాలి ఆర్పివేయకుండా కాపాడడం లాంతరు గ్లాసుయొక్క ముఖ్య ప్రయోజనం కాదు. దాని ముఖ్య ప్రయోజనం జ్వాలయొక్క కాంతిని పెంచడము, దహన క్రియను వేగవంతం చెయ్యడము. అంటే అది కొలిమి గొట్టంలాగ, ఫ్యాక్టరీ గొట్టంలాగ పని చేస్తుంది. అది వాయు ప్రసారాన్ని పెంపొందించి, జ్వాలకు హెచ్చుగాలి అందేలాగ చేస్తుంది.

అది ఎలా జరిగేది చూద్దాం. జ్వాలవల్ల చిమ్నీ లోపల ఉండేగాలి, లాంతరు చుట్టూ ఉండే గాలికన్నా శీఘ్రంగా వేడెక్కుతుంది. వేడెక్కి తేలిక పడిన గాలి పైకి లేస్తుంది. ఆర్కిమిడీస్ సూత్రం ప్రకారం దానిస్థానాన్ని ఆక్రమించడానికి బర్నరు రంధ్రాలగుండా చల్లని

గాలి చిమ్నీలోకి ప్రవేశిస్తుంది. ఈవిధంగా కిందినుంచి పైకి వాయు చలనం అవిచ్ఛిన్నంగా సాగుతుంది. ఈ గాలితోపాటు దహనావశేషాల పైకివెళ్ళిపోయి వాటి స్థానంలో శుద్ధమైన గాలి వస్తూ ఉంటుంది. లాంతరు గ్లాసు (చిమ్నీ) ఎంత ఎత్తుగా ఉంటే, చల్లని గాలికి వేడిగాలికి బరువులో అంత హెచ్చు తేడా ఉండి, గాలి చలనం అంత చురుకుగాసాగి, దహన క్రియ అంత వేగంగా సాగుతుంది. పొడుగైన ఫ్యాక్టరీ చిమ్నీలలో ఏం జరుగుతుందో ఇక్కడా అదే జరుగుతుంది. అందుకే ఫ్యాక్టరీ చిమ్నీలను అంత ఎత్తుగా ఏర్పాటుచేస్తారు.

లియోనార్డో డా విన్సీకి విషయాలన్నీ స్పష్టంగా తెలిసి వుండడం చిత్రం. ఆయన ఇలా వ్రాసుకున్నాడు: "మంట ఉన్న చోటల్లా దాని చుట్టూ వాయు ప్రసారం ఏర్పడుతుంది; యీ ప్రసారమయ్యే వాయువే మంటను పోషించి పెంచుతుంది."

# మంట తనను తానెందు కార్పుకోదు?

దహన క్రియలో ఏమి జరిగేది ఆలోచిస్తే, అనుకోకుండా మనకొక సందేహం కలుగుతుంది. మంట దానంతట అదే ఎందుకారిపోదు? ఏమంటే, దహన ఫలితంగా వెలువడే కార్బన్ డయాక్సైడు (బొగ్గుపులుసు వాయువు) నీటియావిరి కూడా మండేవి కావు; దహనానికి దోహదం చేసేవి కావు. అందుచేత జ్వాల ఏర్పడగానే ఇవి దాన్ని చుట్టుముట్టి గాలికి అవరోధం ఏర్పడాలి. గాలి అందకపోతే దహన క్రియ సాగదని మనకు తెలుసు. కనుక జ్వాల ఆరిపోవాలి.

కాని ఇలా జరగదెందుకు? ఇంధనం అయిపోయేదాక జ్వాలమండుతూ ఉండడానికి కారణమేమిటి? దీనికి ఒకటే కారణం — వేడెక్కినమీదట వాయువులు వ్యాకోచం పొంది తేలిక అవుతాయి. అందుచేతనే దహన ఫలితంగా వెలువడే వాయువులు వేడెక్కిన చోటనే ఉండక, అంటే జ్వాలను చుట్టుముట్టి ఉండక, శుద్ధమైన గాలిచేత పైకి వెంటనే నెట్టబడతాయి. ఆర్కిమిడీస్ సూత్రం వాయువులకు వర్తించకపోయినా, బరువన్నది లేక పోయినా, ప్రతి జ్వాలా కొంచెం సేపు మండి దానంతటదే ఆరిపోతుంది.

దహన ఫలితంగా వెలువడే వాయువులు జ్వాలకు ఎంత హానికరమో సులువుగా గ్రహించవచ్చు. దీపాన్ని ఆర్పవలసి వచ్చినప్పుడు మనం తెలియకుండానే యీ గుణాన్ని ఉపయోగ పరుస్తాం. మాటవరుసకు మనం కిరసనాయిలు దీపాన్ని ఎలా ఆర్పుతాం? చిమ్నీ మీదనుంచి కిందికి ఊదుతాం. అందుచేత జ్వాలనుంచి పైకి వెలువడే దహనావశేషాలను కిందికి పంపిస్తాం. శుద్ధమైన గాలి అందక దీప జ్వాల ఆరిపోతుంది.

# జూల్స్ వెర్న్ నవలలో లోపించిన అధ్యాయం

ఫిరంగి గుండులో ముగ్గురు సాహసికులు చంద్ర మండలానికి పోతూ దారిలో కాలాన్ని ఎలా గడిపారో జూల్స్ వెర్న్ వివరంగా వర్ణించాడు. కాని ఆ అసాధారణ పరిస్థితులలో మిషెల్ ఆర్డాన్ వంట ఏలా చేసినదీ చెప్పాడుకాడు. ఎగిరే ఫిరంగిగుండులో వంట చెయ్యడమన్నది వ్రాయదగిన విషయం కాదని ఒక వేళ అనుకున్నాడేమో. అలా అయితే అది గొప్ప పొరపాటు. సంగతేమంటే, అంతరిక్షాన దూసుకుపోయే ఫిరంగి గుండులో ప్రతీది భార రహితమవుతుంది.* జూల్స్ వెర్న్ దీన్ని ఉపేక్షించడం సోచనీయం. ఎందుకంటే భార రహితమైన వంటయింటిలో వంట చెయ్యడమన్నది; నవలాకారుడి భావనా శక్తికి ఎంత అవకాశమైనా ఇవ్వగలదన్నది ఎవ్వరు కాదనలేరు. అందుచేత, "చంద్రలోకానికి ప్రయాణం" రచయిత వదలి వేసినదాన్ని నాశక్తికొద్దీ పూర్తి చెయ్యనివ్వండి. జూల్స్ వెర్న్‌ను అనుకరించి నేను చేసే అల్ప రచన చదివేటప్పుడు, ఫిరంగి గుండులో గురుత్వాకర్షణ లేదని, అన్ని వస్తువులు భార రహితమైనవని మట్టుకు జ్ఞాపకం ఉంచుకోండి.

## భారరాహిత్యంలో భోజనం చేయడం

"మిత్రులారా, మనమింకా భోజనం చేయలేదు," అన్నాడు మిషెల్ ఆర్డాన్ అంతర్గ్రహ యానంలో తన మిత్రులతో. "మనకు బరువైతే పోయిందికాని, దానివల్ల ఆకలి పోయిందనుకోడం తప్పు. కనుక, నేనిప్పుడు మీకు భారరహితమైన భోజనం తయారుచేస్తాను, అంత తేలికయిన భోజనం మరి ఉండదు."

ఇలా అని ఆ ఫ్రెంచివాడు జవాబు కోసం ఆగకుండానే వంటకు ఉపక్రమించాడు.

ఆర్డాన్ పెద్ద నీటి సీసా మూత తీస్తూ, "మన నీటి సీసా ఖాళీగా ఉన్నట్టు నటిస్తున్నది. కాని నన్నాలా మోసగించ లేవు నువ్వు. తేలికగా ఎందుకున్నావో నాకు తెలుసు. ఆఁ, మూత వచ్చేసింది. ఇప్పుడు నీ భారరహిత పదార్థాన్ని పాత్రలోకి ఒలకపోయి!" అనుకున్నాడు తనలో తను.

---

*యీ సంగతిని గురించిన వివరణ "నిత్యజీవితంలో భౌతికశాస్త్రం" మొదటి భాగంలో చదవవచ్చు.

అతను సీసాను అటూ ఇటూ వంచి చూచాడు; కాని నీరు బయటకి రాలేదు.

నికోల్ అతని సహాయానికి వస్తూ, "అది వ్యర్థ ప్రయాసోయి, ఆర్డాన్, గురుత్వాకర్షణ లేని మన ఫిరంగి గుండులో నీరు దానంతది కారదని తెలుసుకో. చిక్కని సిరప్‌ను విదిలించినట్టు విదిలించాలి" అన్నాడు.

ఆర్డాన్ వెంటనే తలకిందులుగా ఉన్న సీసా అడుగును తట్టాడు. అప్పుడు ఇంకొక అనుకోని విషయం: పిడికిలి ప్రమాణంగల నీటి ఉండ సీసా మూతినుంచి వెలువడింది.

అతను ఆశ్చర్యంతో, "నీటికేం వచ్చింది? ఇలా అవుతుందని కలలో కూడా అనుకోలేదే. మిత్రులారా, నీరుకేమి వచ్చిందో చెప్పండి" అన్నాడు.

"ఏమీ లేదోయ్, ఆర్డాన్, అదొక నీటి బిందువు. గురుత్వాకర్షణ లేని జగతిలో నీటి బిందువులు ఎంత పరిమాణంలోనైనా ఉండవచ్చు. నిజానికి ద్రవాలు పాత్రల ఆకారాన్ని ధరించడానికి కారణ భూతమయేది గురుత్వాకర్షణే కదా. అందుచేతనే అవి దారగా వెలువడతాయి. ఇక్కడ బరువు లేదు గనక, ప్లాటో చేసిన ప్రసిద్ధ ప్రయోగంలో మానె లాగ, ద్రవాలు, అంతర్గత అణుశక్తులననుసరించి సహజంగా గోళాకారం ధరిస్తాయి."

"ప్లాటో ఎవడిక్కావాలి, అతడి ప్రయోగాలెవడిక్కావాలి? నేనిప్పుడు నీరు కాచి సూప్ తయారుచేయాలి. అణుశక్తులేవీ నన్ను అడ్డలేవు, చెబుతున్నాను" అని విశదీకరించాడు ఫ్రెంచివాడు తీవ్రంగా.

అతడు సీసా పైన తన ప్రతాపమంతా చూపి గాలిలో తేలి ఉన్న పాత్రలోకి నీరంతా ఒలిపెయ్యడానికి ప్రయత్నించాడు. కాని అతని యత్నాలన్నీ విఫలమయాయి. పెద్ద పెద్ద నీటి బిందువులు పాత్రకు తగలగానే దానిలో పాకసాగాయి. అవి పాత్ర పై భాగానికి డేకి పాత్రను చుట్టు ముట్టేశాయి. పాత్రలో నీరుండడానికి బదులు, నీటిలో పాత్ర ఉండిపోయింది. ఆ స్థితిలో నీటిని మరిగించడం అసాధ్యం.

"సంసక్తతా శక్తిని నిరూపించడానికిది తమాషా అయిన ప్రయోగం" అన్నాడు నికోల్ నిబ్బరంగా, మండిపోతున్న ఫ్రెంచివాడితో. "అంత చిర్రెత్తిపోకు. ఘనపదార్థాలు తడిసే విధానం చూస్తున్నాం. అంతే. గురుత్వాకర్షణ ప్రతిబంధకంగా లేని కారణంచేత యీ ప్రక్రియ మనకు అమూలాగ్రం కనిపిస్తుంది."

"ప్రతిబంధకం ఉంటేనే బాగుండేది" అన్నాడు ఆర్డాన్ కోపంగా. "తడవడమో ఏం పాడో నాకు కావలిసింది నీరు పాత్ర లోగా ని, దా ని చుట్టూ కాదు. చూడు, ఇలాటి స్థితిలో ఏ వంట వాడూ సూప్ తయారుచెయ్యడు."

బార్బికేన్ అతన్ని అనునయిస్తూ, "తడవడం నీకు అడ్డయితే దానికొక ఉపాయం

వుంది. జిడ్డుగా వుండే వస్తువులకు నీరుసోకదని జ్ఞాపకం ఉంచుకో. పాత్రపైన జిడ్డు పూశావంటే నీరు పాత్రలోనే ఉండి పోతుంది.''

''శాస్త్రజ్ఞానమంటే అలా ఉండాలి'' అంటూ ఆర్డాన్ పరమానందంతో ఆ సలహా ప్రకారమే చేశాడు. తరువాత పాత్రను కాచుదామని గాస్ బర్నరు వెలిగించాడు. మళ్లీ అతనికి కష్టాలెదురయాయి. గాస్ బర్నరు కూడా మొరాయించింది. దాని మంట అర నిమిషం సేపు మిణికి ఎందుకో అర్థం కాకుండా ఆరిపోయింది. ఆర్డాన్ అయోమయంలో పడ్డాడు. అతను మంటచుట్టూ తిరిగి నానా సేవ చేసి చూశాడు. కాని ప్రయోజనం లేక పోయింది. గాస్ వెలగనే లేదు.

''బార్బికేన్, నికోల్! మీ శాస్త్రం ప్రకారం గాస్ కంపెనీవాళ్ల నిబంధనల ప్రకారమూ యీ మంట మండేటట్టు చేసే ఉపాయమేదీ లేదా?'' అని ఫ్రెంచివాడు నిస్పృహతో తన మిత్రుల నడిగాడు.

''ఇందులో విచిత్రమూ, విడ్డూరమూ అయినదేమీ లేదు'' అన్నాడు నికోల్. ఆ మంట శాస్త్రం ప్రకారమే మండుతున్నది. గాస్ కంపెనీ మాటంటావా, గురుత్వాకర్షణ లేకపోతే ఆ కంపెనీ ఏనాడో దివాలా తీసేది. దహనంవల్ల బొగ్గుపులుసువాయువూ, నీటి ఆవిరీ ఏర్పడతాయని నీకు తెలుసుగా — రెండూ మండని వాయువులే. వేడెక్కిన వాయువులు తేలిక అయిపోయి గాలికి చోటిస్తాయి గనుక మామూలుగా అవి జ్వాలను అంటుకుని వుండవు. కాని మనకిప్పుడు గురుత్వాకర్షణ లేకపోవడం చేత దహనంవల్ల ఏర్పడిన వాయువులు సృష్టి అయిన చోటనే వుండి జ్వాలను చుట్టు ముట్టి, దానికి శుద్ధమైన గాలి అందకుండా చేస్తాయి. అందుకే మంట కాంతిహీనంగా ఉండి, కొద్ది సేపటిలో ఆరిపోతుంది. అగ్ని మాపకాలిలా గేగదా పని చేస్తాయి. అవి వంటలను దహనంకాని వాయువులతో చుట్టు ముట్టుతాయి.''

''అంటే భూదేవికి ఆకర్షణ శక్తి లేకపోతే అగ్నిమాపక దళాలవసరం లేదన్నమాట. మంటలు తమ శ్వాసకు తామే ఉక్కిరిబిక్కిరి అయి నశిస్తాయన్నమాట? అంతేనా?'' అన్నాడు ఫ్రెంచివాడు.

''అంతే. మరి సూపు తయారుచెయ్యడానికి మళ్లీ గాస్ వెలిగించు, మేం మంట మీద ఊదుతాం. అలా చేస్తే వాయుప్రసారం ఏర్పడి మంట భూమిమీద లాగే మండుతుంది.''

అలాగే చేశారు. ఆర్డాన్ మళ్లీ బర్నరు వెలిగించి వంటసాగించాడు. మంటలోకి నిర్విరామంగా కొత్త గాలి వెళ్లేటట్టు నికోల్, బార్బికేన్ ఒకరి తరవాత ఒకరు ఊదుతూ విసురుతూ ఉంటే, ఆర్డాన్ యీ చిక్కులన్నిటికి తన మిత్రులూ, వారి శాస్త్రమూ కారణమని తన మనస్సులో అనుకున్నాడు.

''మీరు ఒకవిధంగా ఫ్యాక్టరీ పొగగొట్టాల పని చేస్తున్నారని చెప్పాలి, గాలి ప్రవా

హానికి సాయంచేస్తున్నారు సృష్టిస్తున్నారు'' అన్నాడు అర్డాన్ ఉల్లాసంగా. "మిమ్మల్ని చూస్తే జాలి వేస్తోంది. కాని తిండి కావాలంటే మీ శాస్త్రనియమాలు పాటించక తప్పదు.''

పావుగంట గడిచింది. అరగంట గడిచింది. గంట గడిచింది. నీరు మరిగే సూచనలేవి కనిపించలేదు.

"కొంచెం ఓపిక పట్టాలోయ్, అర్డాన్, నీటికి బరువుంటే త్వరగా వేడెక్కుతుంది. ఎందుచేత? నీటిపొరలు కలగలుస్తాయి కనుక. వేడెక్కి తేలికపడే దిగువ నీరు పైకి వచ్చేసి దాని స్థానాన్ని పైనున్న చల్లని నీరు ఆక్రమిస్తూ వుంటుంది. అందుచేత నీరంతా శీఘ్రంగా అధిక ఉష్ణోగ్రతని గ్రహిస్తుంది. నీటిని కిందనించి కాక పైనుంచి కాచడానికి ఎప్పుడన్నా ప్రయత్నించావా? అప్పుడు నీటి పొరలు కలియవు. వేడెక్కిన నీరు కదలదు. నీటికి ఉష్ణ వాహకశక్తి దాదాపు లేదనే చెప్పవచ్చు. నీటి అడుగున మంచు వుండగా పైనీరు మరిగే లాగు కాచవచ్చు. కాని ఇక్కడ భారరహిత స్థితిలో నీటిని ఏపక్కనుంచి కాచినా ఒకటే నీటి పొరలు కలియవు. అందుచేత నీరు వేడెక్కడానికి చాలా సేపు పట్టుతుంది. దాన్ని త్వరగా కాచాలంటే కలియబెట్టుతూ వుండాలి.''

నీరు 100°C దాకా కాచవద్దని నికోల్ అర్డాన్‌ను హెచ్చరించాడు. 100° కి కొద్దిగా తక్కువ వరకూ కాచాలి. నీరు మరగడం మొదలు పెట్టినాక ఆవిరి జాస్తిగా వెలువడుతుంది. భారరహిత స్థితిలో నీటి విశిష్ట గురుత్వం ఆవిరి విశిష్ట గురుత్వం కూడా సమమే — సున్నా — కనుక ఆవిరి నీటిలో కలసి మొత్తమంతా నురుగు లాగ తయారవుతుంది.

బటానీల సంచీని విప్పినప్పుడు అర్డాన్‌కు మతిపోయినంత పని అయింది. దాన్ని కొంచెం ఆడించేసరికి బటానీలు గాలిలో అన్ని వైపులకు ఎగిరి గోడలకు కొట్టుకుని వెనక్కి వచ్చాయి. వాటి మూలాన ప్రమాదం కూడా జరగవలసినది. నికోల్ ఒక బటానీ గింజను ముక్కులోకి పీల్చి ఉక్కిరి బిక్కిరి అయాడు. ఇలాటి ప్రమాదాలు కలగకుండా బటానీలను అదుపులో ఉంచటానికి మన మిత్రులు సీతాకోక చిలుకల్నిపట్టే వలతో బటానీలను "పట్ట" ఆరంభించారు. చంద్రమండలంలో సీతాకోక చిలుకల్ని పట్టుదామని అర్డాన్ ఆ వలను తెచ్చుకున్నాడు.

ఇలాటి పరిస్థితిలో వంట చెయ్యడం దుర్ఘటమయింది. నేర్పరి అయిన వంటవాడు సైతం యీ పరిస్థితిలో వంటచెయ్యమంటే చెయ్యడని అర్డాన్ అన్నమాటలో అసత్యం ఏమీ లేదు. మాంసం ముక్కలు వేపడానికి కూడా అతను నానా అగచాట్లు పడ్డాడు. అతను మాంసాన్ని ముళ్లచంచాతో నొక్కి పట్టవలసి వచ్చింది. లేకపోతే మరిగే నూనెయొక్క ఆవిరి స్థితిస్థాపకతగలదై దాన్ని "పైకి" ఎగరగొట్టుతూ వచ్చింది. అలాటి చోట "పైన", "కింద" అనే మాటలకు అర్థం లేదనుకోండి.

ఆ భారరహితములో తినడం కూడా ఒక విచిత్ర సమస్య అయి కూర్చున్నది. వారు గాలిలో రకరకాల భంగిమలలో, వెర్రిగా తేలి ఉండి వాళ్ల తలలు సరంబీకి ఢీకొనసాగాయి కొట్టుకోసాగాయి. కూర్చుని భోజనం చెయ్యడమనే సమస్యేలేదు. ఆ భారరహిత స్థితిలో కుర్చీలు బెంచీలు సోఫాలు కేవలము వృథా. బల్లవల్ల వాస్తవ ప్రయోజనమేమీ లేదు. కాని భోజనాలను బల్ల ముందే చేయాలని ఆర్డాన్ పట్టుపట్టి తెచ్చాడు.

సూప్ తయారుచెయ్యడమే కష్టమనుకుంటే ఆరగించడం మరింత కష్టమయింది. ఆరంభంలోనే ఆర్డాన్ ఆ ద్రవాన్ని పాత్రలోనుంచి పొయ్యలేక పోయాడు. సూప్‌కు బరువు లేదన్నది మరిచిపోయి అతను తల్లకిందులు చేసిన పాత్రనుంచి సూప్‌ను వెలువరించటానికి పాత్రను గట్టిగా చరిచాడు. పెద్ద సూప్ ''గోళం'' బయటికి వచ్చింది. పొద్దుననుంచి కష్ట పడి చేసిన పని అంతా నిరుపయోగమైనంత పని జరిగింది. ఆర్డాన్ గారడీవాడంత లాఘవం ప్రదర్శించి తాను కష్టపడి తయారుచేసిన సూప్‌ను తిరిగి పాత్రలోకి పట్టగలిగాడు.

చంచాలెందుకూ పనికి రాలేదు. సూప్ వాటిని వేళ్లదాక తడిపి వాటి మీద పొరలాగ వేలాడింది. చంచాలకు వెన్న జిడ్డు పూసి చూశారు. కాని ప్రయోజనం లేకపోయింది. సూప్ చిన్న చిన్న గోళీలులాగ తయారయింది. బరువులేని ఆ గోళీలను నోట వేసుకోడం అసాధ్యమయింది.

చిట్టచివరకు నికోల్ ఒక ఉపాయం ఆలోచించాడు. మైనం పూతగల కాగితాన్ని గొట్టాలుగా చుట్టి వాటి సహాయంతో వారు సూప్ పీల్చేశారు. నీరు, ద్రాక్షసారా మొదలైన ద్రవాలు తాగడానికి వారాపద్ధతే అవలంబించారు ప్రయాణం అంత సేపు.*

* * *

---

* ఈ గ్రంథంయొక్క పూర్వ ముద్రణం చదివినవారనేకులు భారరహిత స్థితిలో ఈ విధంగానైనా తాగడం ఎలా సాధ్యమవుతుందని ప్రశ్నించారు. గాలికి కూడా బరువుండదు కనుక దానికి పీడనం ఉండదనీ అందుచేత పీల్చడంద్వారా తాగడం సాధ్యం కాదని వారివాదం. చిత్రమేమంటే ఈ వాదం కొన్ని పత్రికల్లో అచ్చుపడింది. కాని యీ పరిస్థితిలో గాలికి బరువు లేకపోవడం దాని పీడనానికి ఏమి అవాంతరం కాదన్నది స్పష్టం. దిగ్బంధంలో ఉన్న గాలియొక్క పీడన శక్తి దాని బరువు వల్ల ఏర్పడదు. అది వాయు పదార్థం కనుక అనంతంగా వ్యాకోచం పొందడానికి చేసే యత్నం వల్ల ఏర్పడుతుంది. స్వేచ్ఛగా మన భూమినిచుట్టి ఉండేగాలి అనంతంగా వ్యాకోచం పొందడానికి అవాంతరం దాని బరువే. ఇందువల్లనే నా విమర్శకులు అపోహపడ్డారు.

సుదీర్ఘమైన రోదసీ ప్రయాణాలను ఏర్పాట్లు చేస్తూండిన సందర్భాలలో రోదసీ చోదకుల ఆహారం గురించి అతిముఖ్యమైన పరిశోధనలు జరపవలసివచ్చింది. ప్రత్యేకంగా పుష్టికరమైన ఆహారం ''పేస్టు'' రూపంగా తయారుచేసి, వీటిని టూత్‌పేస్ట్ ట్యూబులు వంటి ట్యూబులలో నింపారు. డబ్బాలలో సీలుచేయబడిన మంచినీటిని గొట్టాల ద్వారా పీల్చుకుని తాగేందుకు వీలైంది. బ్రెడ్డూ, మాంసమూ వంటి ఘనపదార్థాలు సులువుగా తినగల్గే ముక్కలుగా తయారుచేయబడ్డాయి.

## నీరు నిప్పునెందు కార్పేస్తుంది?

ప్రశ్న తేలికయినాగాని సరియైన సమాధానం అందరూ చెప్పలేరు. నీరు నిప్పును ఏంచేసేది సంగ్రహంగా వివరిస్తాను. అందుకు మీరు అభ్యంతరం చెప్పరనుకుంటాను.

మొదటి సంగతి నీరు నిప్పును సోకుతూనే ఆవిరి అయి తద్వారా కాలే వస్తువు తాలూకు వేడిలో పెద్ద మొత్తం హరించేస్తుంది. చల్లని నీటిని 100°C దాకా కాచడానికి ఎంత వేడి అవసరమో మరుగునీటిని ఆవిరిగా మార్చడానికి అంతకు 5 రెట్ల పైచిలుకు వేడి అవసరం మరి.

రెండవ సంగతి నీరు ఆక్రమించిన చోటుకన్నా అది ఆవిరిగా మారి ఆక్రమించే చోటు అనేక వందల రెట్లు జాస్తి ఉంటుంది. యీ ఆవిరి మండే వస్తువును చుట్టుముట్టి దానికి గాలి అందకుండా చేస్తుంది. గాలి అందితేకాని దహనం సాధ్యంకాదు.

నిప్పు నార్పే శక్తి నీటికి మరింతగా కలిగించడానికి దానిలో తుపాకిమందు కలపడం కద్దు. ఇది పైకి కనబడినంత అర్థంలేని పనికాదు. తుపాకిమందు క్షణంలో మండడమేకాక మండని వాయువులను పుష్కలంగా విడుదలచేస్తుంది. యీ వాయువు మండే వస్తువును చుట్టుముట్టి దహనానికి అడ్డు వస్తుంది.

## నిప్పును నిప్పుతో ఆర్పడం

అడవులుగాని గడ్డి మైదానాలుగాని అంటుకొని కార్చిచ్చు కలిగినప్పుడు వాటిని ఆర్ప డానికి ఉత్తమ మార్గం, ఒక్కొక్కప్పుడు ఏకైక మార్గం, అడవికిగాని మైదానానికిగాని రెండో పక్కన నిప్పు పెట్టడమేనని మీకు బహుశా తెలిసి ఉండవచ్చు. రెండో పక్క సాగిన మంట సముద్రంలాగ పొంగే మొదటి మంటకేసి వెళ్లి దానికి ఇంధనం లేకుండా చేసేస్తుంది. రెండు జ్వాలలూ కలుసుకొని ఒకదానినొకటి కబళించినట్టుగా ఆరిపోతాయి.

మీలో చాలామంది ఫెనిమోర్ కూపర్ రచించిన "ప్రేరీ" ("పచ్చిక మైదానం") అనే నవలలో ఈ విధంగా కార్చిచ్చుని ఎలా ఆర్పుతారో చదివే ఉంటారు. ముసలి వేటకాడు ప్రయాణీకులను అగ్నికి ఆహుతి కాకుండా కాపాడిన అద్భుత ఆశ్చర్యమయ ఘట్టాన్ని మీరు మరిచి ఉండరు. అది ఇలా నడిచింది.

"వృద్ధుడు ఉన్నట్టుంది నిశ్చయానికి వచ్చినట్టు కనబడ్డాడు....



చిత్రం 84. నిప్పును నిప్పుతో ప్రతిఘటించడం.

" 'ఇక పని సాగించ వచ్చు' అన్నాడతను.

" 'నీబుర్ర ఆలస్యంగా పని చేసిందోయ్ ముసలిమొద్దూ!' అన్నాడు మిడిల్టన్. మంటలు పావు మైలు దూరంలో ఉన్నాయి. గాలి వాటిని వాయు వేగంతో మనకేసి తెస్తున్నది.'

" 'ఇదుగో, మంటలా? వాటిదేముందిలే.... పట్టండిరా అబ్బాయిలూ, కానివ్వండి.... నేను నిలుచున్నానే ఇక్కడ ఎండుగడ్డి అంతా పీకేసి నేల బోడి చేసెయ్యండి....'

"కొద్ది క్షణాలలో 20 అడుగుల నిడివిగల వలయం మేర నేల బోడయిపోయింది. ముసలివాడు ఈ మేర దూరపు అంచుకు ఆడవాళ్లను చేర్చి మిడిల్టన్‌తోను పాల్‌తోను తమ పలచని దుస్తులను కంబళ్లతో కప్పుకొని అగ్నినుంచి కాపాడుకోమన్నాడు. యీ జాగ్రత్తలన్నీ పడడం పూర్తయాక ముసలివాడు వలయం రెండో అంచున ఉన్న గడ్డిని సమీపించాడు. ఆ గడ్డి ఎత్తుగా వలయం చుట్టూ నిలిచి ఉన్నది. అతను బాగా ఎండిన చెత్త గుప్పెడు

తీసుకొని తన తుపాకి చెవి గుంటమీద పెట్టి పేల్చాడు. ఆ ఎండు చెత్త సులువుగా అంటుకొని మండింది. అతనా మండే చెత్తను ఒక దుబ్బులో ఉంచి వలయం మధ్యకు తిరిగి వచ్చి కాగల దానికి ఎదురు చూడ సాగాడు.

" మంటలు క్షణంలో పైకి లేచి ఎండుగడ్డిలో ప్రయాణం ప్రారంభించాయి.... ముసలివాడు వేలు పైకెత్తి నిశ్శబ్దంగా నవ్వుతూ

" 'ఇప్పుడు మీరు నిప్పును ఎదుర్కోవడం చూస్తారు' అన్నాడు.

" 'ఇది మరీ ఘోరంకాదా? మమ్మలని నిప్పునుంచి రక్షించడానికి బదులు దాన్ని మరింత దగ్గరికి తెచ్చావేమిటి?' అన్నాడు మిడిల్టన్ ఉద్వేగంతో.... అగ్నియొక్క ఉగ్రత, వేడి పెరిగిన కొద్దీ అది మూడు దిక్కులా విస్తరించింది. కాని నాల్గోపక్కన ఆహారం లేక విస్తరించ లేకపోయింది. అది అంతకంతకు వ్యాపిస్తూ దాని కణకణ ధ్వని హెచ్చుతున్న కొద్దీ నేల మాడిపోయి పొగలు వెళ్ళుతూ కొడవళ్ల వల్ల కూడా సాధ్యంకానంత బోడిగా అయిపోయింది. మంటలో వారిని చుట్టుముట్టడం చేత వారికి అపాయం హెచ్చుకావలసిందే కాని వారు నిలబడి ఉన్న బోడి నేల విస్తరించడం చేత ప్రమాదం తప్పింది. వారు వేడినుంచి దూరంగా పోవడం కోసం ముసలివాడు మొదట అంటించిన దుబ్బుకేసి జరిగారు. కొద్ది క్షణాలలో మంటలు అన్ని పక్కల వారికి దూరంగా వెళ్లిపోయాయి. పొగ మాత్రం వారిని ఆవరించింది. దూరంగా దొర్లుకుపోయే జ్వాలలవల్ల వారికి అపాయం లేదు.

"ఫెర్డినాండ్ దర్బారులో కొలంబస్ కోడిగుడ్డును నిలబెట్టినప్పుడు సభికులెలా వింత పడి చూశారని చెబుతారో, ముసలి వేటగాడు చేసిన యుక్తికి ప్రేక్షకులంత ఆశ్చర్య పడ్డారు...."

అన్నట్టు కార్చిచ్చులను ఇలా ప్రతిఘటించడం కనబడినంత తేలిక కాదు. మంచి అనుభవజ్ఞుడే యీ పద్ధతిని అనుసరించాలి. చేతకానివాడు పరిస్థితిని విషమింపచేయవచ్చు.

నేనీ మాట ఎందుకంటున్నానో అర్థం చేసుకోవాలంటే యీ ప్రశ్న వేసుకోండి. వేటగాడు అంటించిన నిప్పు ఆదివరకున్న మంటలకేసి ఎందుకు పోయింది, దానికి విరుద్ధంగా ఎందుకు పోలేదు? నిజానికి గాలి వీస్తున్నదీ, మంటలను తెస్తున్నదీ ప్రయాణీకుల దిక్కుగా నేగద? వేటగాడంటించిన మంటలు కూడా అటుగానే ప్రయాణించాలి గదా? ఆ పరిస్థితిలో ప్రయాణీకులు మంటలమధ్య చిక్కుకుని మాడిపోయి వుండాలి.

కనుక వేటగాడి రహస్యమేమిటి? వాడికొక సాధారణ భౌతికశాస్త్ర సూత్రం తెలుసును. గాలి తగలబడుతున్న మైదానం మీదినుంచి ప్రయాణీకులకేసి వీస్తున్నప్పటికీ మంటలు ముందే చోట మంటలకేసి ఎదురుగాలి వీస్తున్నది. నిజానికి కింద మంటమండు తున్నప్పుడు ఎగువనున్నగాలి వేడెక్కి తేలికపడి, మైదానం మీదుగా వీచే చల్లగాలి చేత

ఎగదోయబడుతుంది. అందుచేత మంటల సరిహద్దుకు సమీపాన గాలి మంటల కేసి వీస్తుంది. యీ గాలి ప్రవాహం తెలియవచ్చేటంత సమీపంగా మంటలు వచ్చినప్పుడే ఎదురుమంట వెయ్యాలి. అందుచేత వేటగాడు తొందర పడక సరయిన సమయంకోసం వేచి వున్నాడు. అతను తొందరపడి గడ్డిదుబ్బును అంటించి వుండినట్టయితే ఆ మంటలు ప్రయాణీకులకేసి వచ్చి ప్రమాదం కలిగించేది. మరీ జాప్యం చెయ్యటం కూడా నిరుపయోగమే. ఎందుకంటే కార్చిచ్చు చాలా దగ్గరికి వచ్చేస్తుంది.

## మరిగే నీటిలో నీటిని మరిగించగలమా?

ఒక చిన్న సీసాను (సెంటు సీసా లాటిది) నీటితోనింపి నిప్పుమీద కాగే నీటి పాత్రలో దాని అడుగుకు తగలకుండా ఉంచండి. అడుగు తగలకుండా వుండాలంటే దాన్ని తీగతో వేళ్లాడగట్టాలి. పాత్రలోని నీరు మరిగినప్పుడు చిన్న సీసాలోని నీరు కూడా మరుగుతుందని మీరు అనుకోగలరు. కాని, మీరెంతసేపు చూసినప్పటికీ అలాజరుగదు. సీసాలోని నీరు వేడెక్కుతుంది, చాలా వేడెక్కుతుంది కాని మరగదు. అంటే మరిగేనీటిలో నీటిని మరిగించే వేడి లేదన్నమాట.

ఇది ఆశ్చర్యకరం అనిపిస్తుంది. కాని అది సక్రమమే. ఎంధుకంటే, నీటిని మరిగించాలంటే 100 సెం. డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రతకు వేడెక్కించడం చాలదు. నీటియొక్క దశనే మార్చాలంటే ఆవిరిగా మార్చాలంటే ఇంకా చాలా అదనపు వేడి కావాలి.

శుద్ధమైన నీరు 100 సెం. డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రతలో మరుగుతుంది. ఎంత కాచినప్పటికీ నీటి ఉష్ణోగ్రత అంతకంటె సాధారణ పరిస్థితులలో పెరగదు. అంటే, చిన్న సీసాలోని నీటికి ఉష్ణాన్ని ఇచ్చే మూలాధారపు ఉష్ణోగ్రత 100° C. ఆమూలాధారం చిన్న సీసాలోని నీటిని కూడా 100 డిగ్రీలవరకు వేడెక్కించగలదు. పాత్రలోని నీరూ, సీసాలోని నీరూ ఒకే ఉష్ణోగ్రత అందుకున్నాక సీసాలోని నీటికి పాత్రలోని నీటినుంచి మరి వేడి అందదు. మొత్తంమీద సీసాలోని నీటిని ఇలా కాచడంవల్ల ఆవిరిగా మారడానికి అవసరమైన అదనపు వేడి ఆ నీటికి లభించదు. (100 డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రతలో ఉన్న ప్రతి గ్రాము నీటికి 500 చిల్లర కాలరీల వేడి లభిస్తేనేగాని అది ఆవిరిగా మారదు.) కనుకనే సీసాలోని నీరు వేడెక్కినప్పటికీ ఆవిరిగా మారదు.

పాత్రలోని నీటికీ, సీసాలోని నీటికీ తేడా ఏమిటని అడగవచ్చు. రెండూ నీరేకద, కాకపోతే సీసాలోని నీటికి పాత్రలోని నీటికి గాజు గోడలు అడ్డువున్నాయి. అలాటప్పుడు పాత్రలోని నీరు మరిగినట్టుగా సీసాలోని నీరెందుకు మరగదు? పాత్రలోని నీటిని కలగలిపే

ప్రవాహాలు సీసాలోని నీటిని సోకకుండా గాజుగోడలు అడ్డుకుంటాయి గనుకనే; పాత్రలోని ప్రతి నీటి కణమూ పాత్రయొక్క అడుగు భాగాన్ని తాకగలదు, కాని సీసాలోని నీరు మాత్రం మరిగే నీటినే తాకగలదు.

కనుక మరిగే శుద్ధమైన నీటిలో నీటిని మరిగించడం సాధ్యం కాదని మనం తెలుసుకున్నాం. అయితే పాత్రలోని నీటిలో కొంచెం ఉప్పువేసినట్టయితే పరిస్థితి మారుతుంది. ఉప్పునీరు 100 డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రత లోగాక కొంచెం హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతలో మరుగుతుంది. అందుచేత అది సీసాలో శుద్ధమైన నీటిని మరిగించ గలదు.

## మంచుతో నీటిని మరిగించగలమా?

మరిగే నీటితో సాధ్యం కానిది మంచుతో సాధ్యమవుతుందనుకోవడమేమిటని మీరన వచ్చు. కాని తొందరపడకండి. ఇంతకు పూర్వం ప్రయోగంలో వుపయోగించిన గాజుసీసానే తీసుకుని మరొక ప్రయోగం చేసి చూడండి.

ఆ సీసాలో సగానికి నీరు నింపి మరిగే ఉప్పు నీటిలో ఉంచండి. సీసాలోని నీరు మరుగుతూండగా సీసాని పైకి తీసి వెంటనే దానికి బిరడా గట్టిగా బిగించండి. దాన్ని తలకిందులు చేసి, మరగడం నిలిచిపోయేదాకా ఆగండి. తరువాత దానిపైన మరిగే నీరు పొయ్యండి. సీసాలోపలి నీరు మరగదు. కాని సీసా అడుగుమీద కొంచెం మంచు పెట్టినా లేక దానిమీద మామూలు చన్నీళ్లు పోసినా (చిత్రం 85) సీసాలోని నీరు మరగనారంభిస్తుంది. చూశారా, మరిగే నీరు చెయ్యలేని పని మంచుచేసింది.

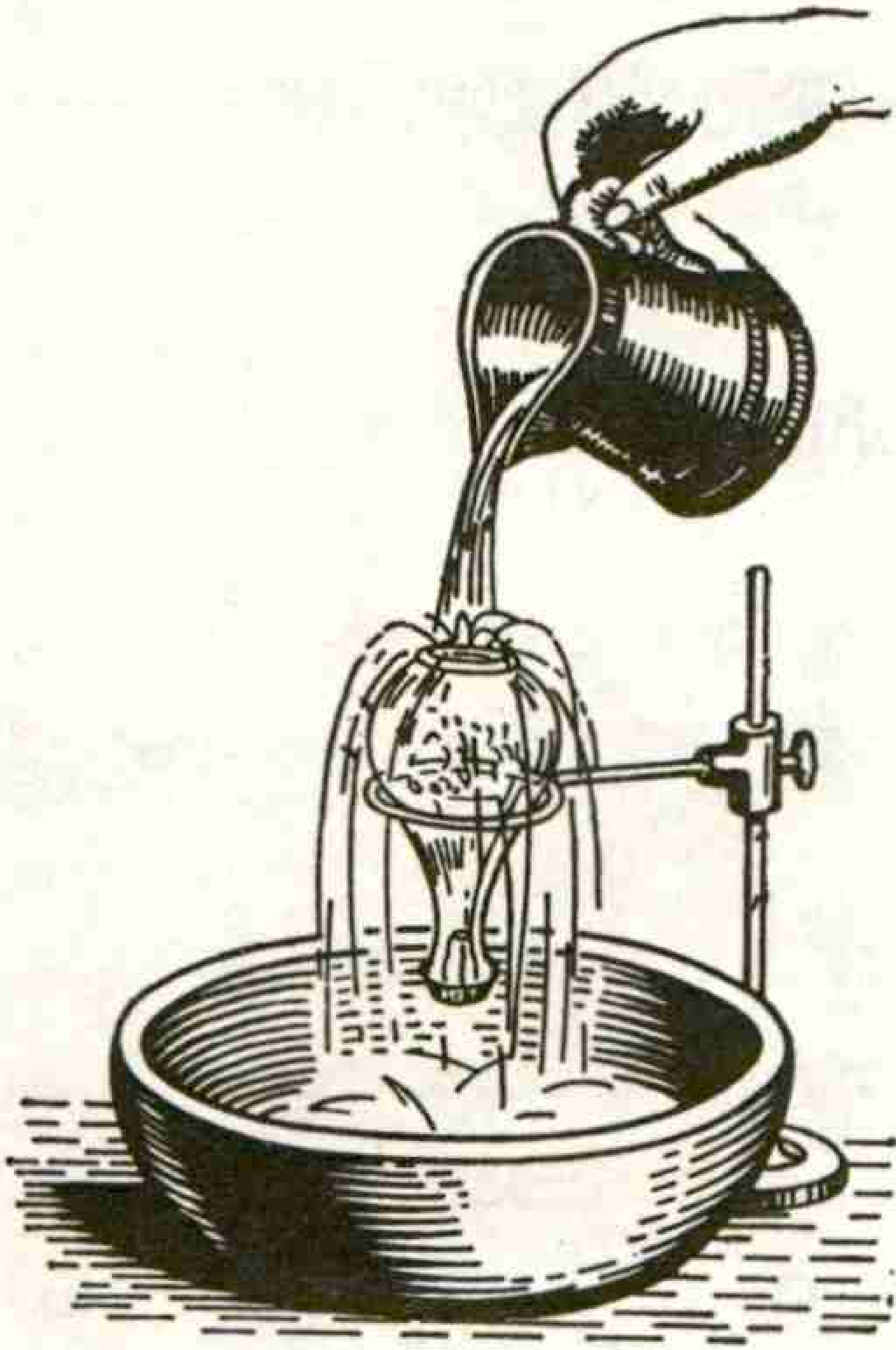
ఇందులో ఇంకా విడ్డూరమైన విషయమేమంటే సీసాని చేత్తో తాకి చూస్తే అదేమంత వేడిగా కూడా వుండదు. అయినా లోపలి నీరు మరగడం మీరు మీ కళ్లారా చూస్తారు.

దీనికి కారణమేమంటే మంచు సీసా గోడలను చల్లబరుస్తుంది. లోపలి ఆవిరి ద్రవీభవించి నీటి బిందువులుగా మారుతుంది. సీసాలోని నీరు మరిగినప్పుడే దానిలో ఉండే గాలి పైకి నెట్టబడడం వల్ల ఇప్పుడు సీసాలోని నీటిపై గల ఒత్తిడి చాలా తక్కువ. పీడనం తక్కువగా ఉన్నప్పుడు నీరు తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలో మరుగుతుందని మీకు తెలుసు. అందుచేత ఇప్పుడు సీసాలోని నీరు వేడి లేకుండానే మరగడం మనం చూస్తాం.

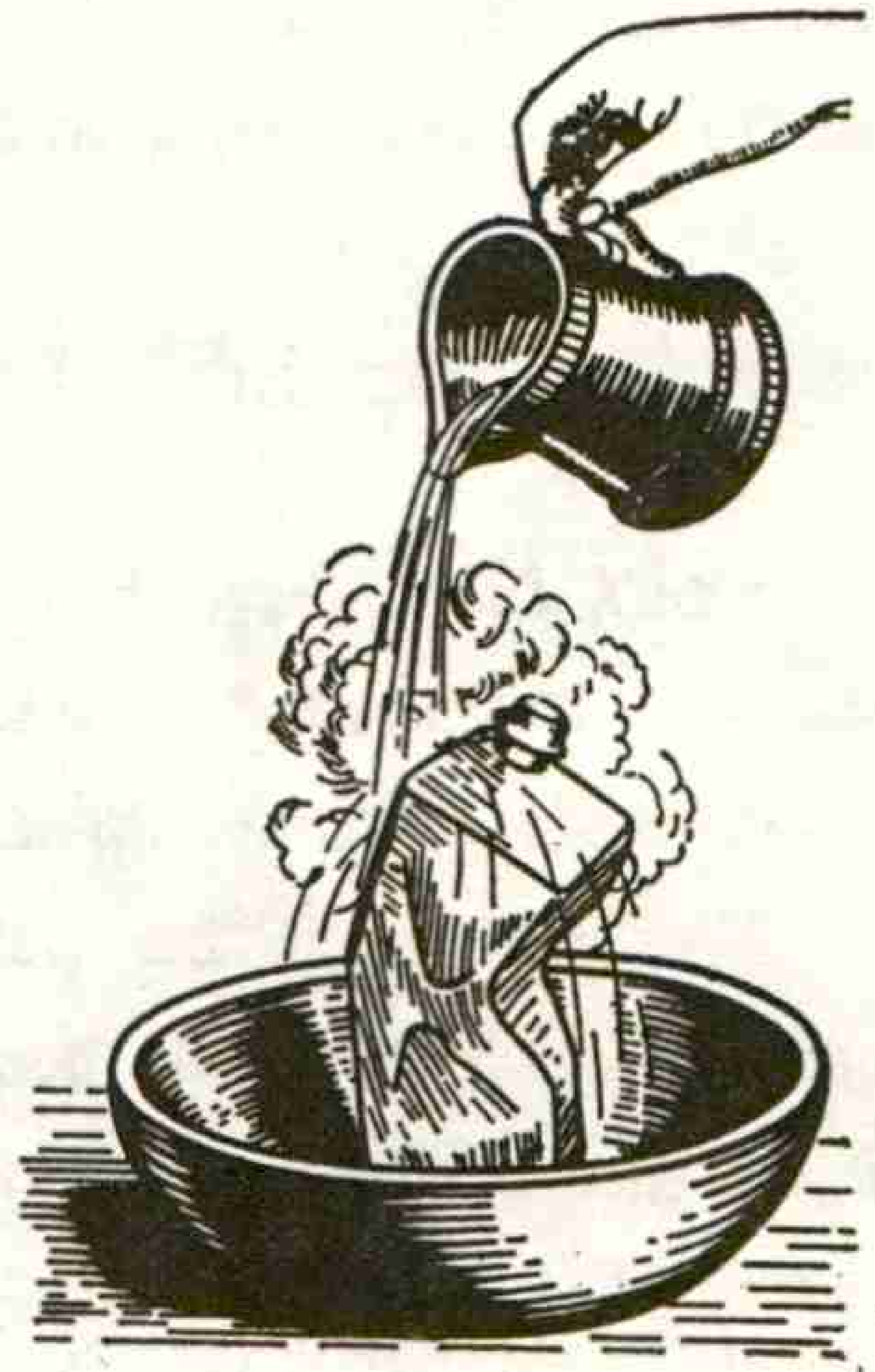
సీసా గోడలు మరీ పలచనివైన పక్షంలో లోపలి ఆవిరి ఆకస్మికంగా ద్రవించడంవల్ల చిన్న పేలుడు లాటిది జరగవచ్చు. లోపలి ఒత్తిడి బయటి ఒత్తిడిని నిరోధించలేని కారణంచేత సీసా అణుచుకు పోవచ్చు. (యీ సందర్భంలో "పేలుడు" అనే మాట అంతగా సరియైనది

కాదు.) అందుచేత సీసా గోళాకారంగా ఉండే లాగు చూడటం మంచిది. అప్పుడు వెలుపలి గాలి ఒత్తిడి వొంపుగా వుండే భాగంపైన కలుగుతుంది.

కిరసనాయిలుకు, నూనెకు వాడే రేకు డబ్బాతో ఈ ప్రయోగం చెయ్యటం నిరపాయకరం. అందులో కొంత నీరు పోసి మరిగించి, దానికి గట్టిగా బిరడా బిగించి, దానిపైన



చిత్రం 85. పాత్రపైన చన్నీరు పోస్తే పాత్రలోని నీరు మరుగుతుంది.



చిత్రం 86. ఆకస్మికంగా చల్లబరిచిన రేకుడబ్బా గతి.

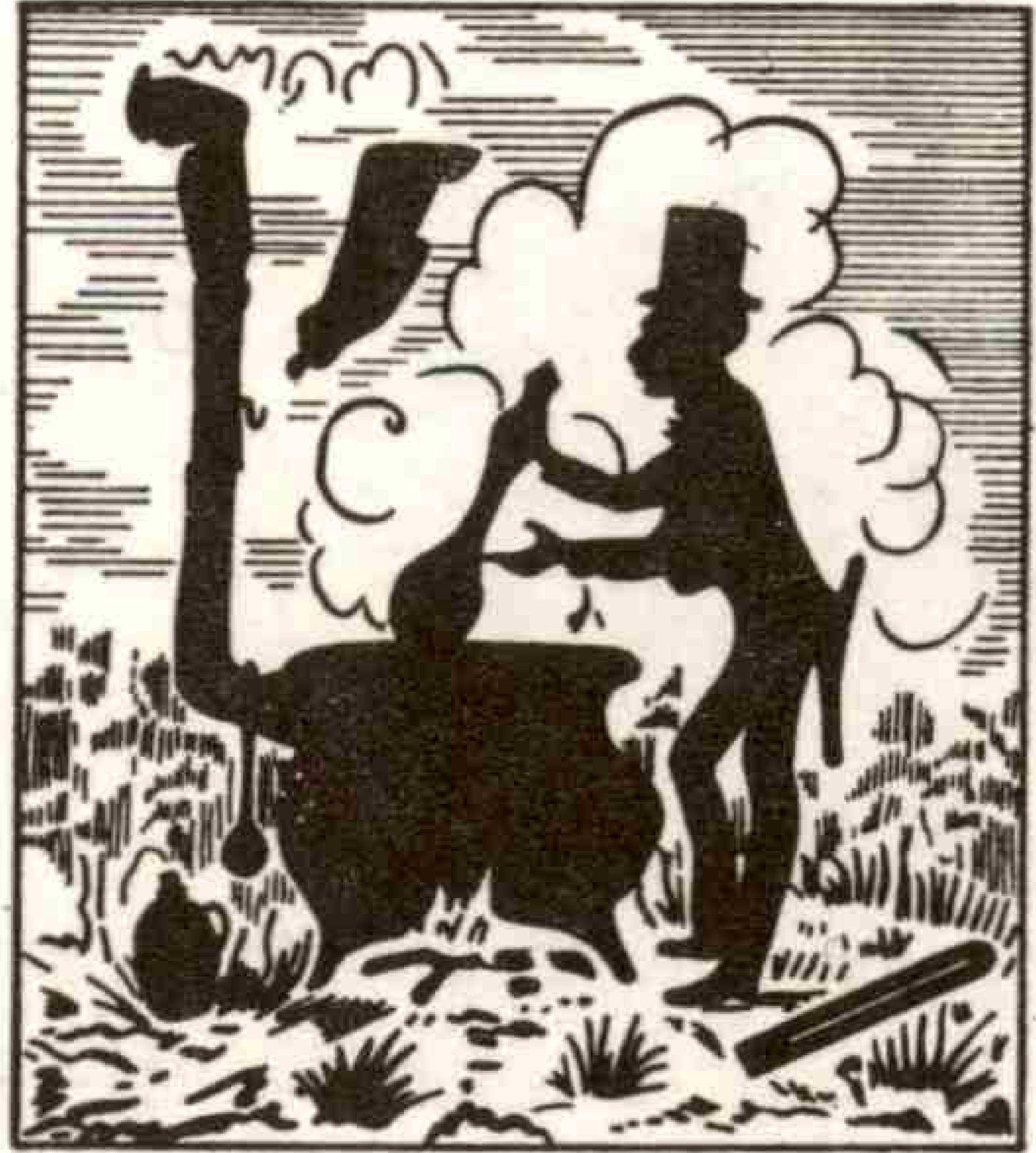
చన్నీరు పొయ్యండి. లోపలి ఆవిరి చల్లదనానికి నీరై పోయినందువల్ల బయటి గాలి ఒత్తిడికి డబ్బా వెంటనే అణుచుకు పోతుంది. దాన్ని బరువైన సుత్తితో కొట్టినట్టుగా డబ్బా సొట్ట బడుతుంది (చిత్రం 86).

## "బరామీటరు సూప్"

అమెరికన్ హాస్యరచయిత మార్క్ ట్వేన్ "విదేశప్రయాణం" *(A Tramp Abroad)* అనే కథలో యీ క్రింది సంఘటన – కల్పితమే అనుకోండి – తాను ఆల్ప్స్ పర్వతా లెక్కుతుండగా జరిగినట్టు వర్ణించాడు.

"మా చిక్కులు విడి పోయాయిగనక, మా పరివారానికి విశ్రాంతి నిచ్చి, మా యాత్ర తాలూకు శాస్త్రశాఖకు కొంత పని కలిగిద్దామనుకున్నాను. ముందు మేమున్న ఎత్తు తెలుసు కోవటానికి బరామీటరును పరీక్షించాను. కాని ఫలితం లేక పోయింది. శాస్త్ర పఠనం చేసి ఉన్నవాణ్ణి కావటం చేతను, థర్మామీటరునో లేక బరామీటరునో మరగబెడితేగాని సరిగా పని చెయ్యదని ఎరుగుదును. మరగబెట్టవలసినదేదో తెలియక పోవటంచేత రెంటినీ మరగ బెట్టాను. అప్పటికీ ఫలితం లేకపోయింది. పరిశీలించి చూతునుకదా, రెండూ పనికిమాలిన పరికరాలే. బరామీటరుకు ఇత్తడికాడ తప్ప ముల్లు లేదు. థర్మామీటరు బుడగలో తగరపు రేకు కుక్కి వున్నది....

"మరొక బరామిటరు సంపాదించాను. అది కొత్తది. ఏ వంక లేనిది. వంటవాళ్ళు చిక్కుడుగింజల సూప్ కాస్తుంటే బరామీటరు నందులో ఒక అరగంటసేపు మరగబెట్టాను. తలవని పరిణామం జరిగింది. బరామీటరు చెక్కుచెదరలేదు, కాని సూపుకు ఘాటైన బరామీటరు రుచి పట్టుకోవటంవల్ల, వంటవాళ్ల పెద్ద బిల్లులో సూపుపేరు కాస్తా మార్చేశాడు – మహాన్యాయ బుద్ధి గలవాడు. సూపు అందరికీ ఎంతగా నచ్చిందీ అంటే రోజూ బరామీటరు సూపే కాయవలసిందిగా వంటవాళ్లకు ఉత్తరువిచ్చాను. అలాచేస్తే ఎప్పటికైనా బరామీటరు చెడిపోతుందేమో ననిపించింది. అయినా నేను లక్ష్య పెట్టలేదు. అది కొండలమీది ఎత్తు తెలుసుకోవడానికి ఎలాగూ పనికి రాదని రూఢి చేసుకున్నానాయె."



చిత్రం 87. మార్క్ ట్వేన్ "పరిశోధనలు."

హాస్యం అలా వుంచి నిజంగా "మరిగించ" వలసినదేది – థర్మామీటరా? బరామీటరా? ఆ ప్రశ్నకు సమాధానం తెలుసుకుందాం.

థర్మామీటరే. అందుకు కారణం ఇదీ.

నీరు ఎంత తక్కువ పీడనానికి గురి అయివుంటే అంత తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలో మరుగుతుందని మనం తెలుసుకొని ఉన్నాం. ఎత్తుకు వెళ్లిన కొద్దీ వాతావరణపీడనం తగ్గిపోతుంది. గనక నీరు మరిగే ఉష్ణోగ్రత కూడా తగ్గాలి. స్వచ్ఛమైన నీరు ఎంత పీడనానికి ఏ ఉష్ణోగ్రతలో మరిగేదీ యీ దిగువ పట్టిక సూచిస్తుంది.

| నీరు మరిగే ఉష్ణోగ్రత °C | పీడనం మి.మీ. |
|---|---|
| 101 | 787.7 |
| 100 | 760 |
| 98 | 707 |
| 96 | 657.5 |
| 94 | 611 |
| 92 | 567 |
| 90 | 525.5 |
| 88 | 487 |
| 86 | 450 |

స్విట్జర్లెండులోని బెర్న్ నగరంలో సరాసరి వాతావరణ పీడనం 713 మిల్లిమీటర్లు ఉంటుంది. అక్కడ మూతలేని పాత్రలో నీరు 97.5 సెం. డిగ్రీలకే మరుగుతుంది; 424 మి.మీ. వాయుపీడనంగల "మోంబ్లాం" పర్వత శిఖరంమీద 84.5 సెం. డిగ్రీలకు మరుగుతుంది. ఒకొక్క కిలోమీటరే పైకి పోయిన కొద్దీ నీరు మరిగే ఉష్ణోగ్రత 3 డిగ్రీల చొప్పున తగ్గిపోతుంది. కనుక నీరు ఏ ఉష్ణోగ్రతలో మరిగేది చూచినట్టయితే లేక మార్క్ ట్వేన్ భాషలో "థర్మామీటరును మరిగించినట్టయితే," మనం పట్టిక ప్రకారం లెక్కగట్టి ఎంత ఎత్తున ఉన్నదీ తెలుసుకోవచ్చు. దీనికి ముందుగా తయారుచేయబడిన పట్టిక ఉండి తీరాలి. దాన్నే మార్క్ ట్వేన్ మరచిపోయాడు.

ఇందుకుగాను ఉపయోగించే పరికరాలను హిప్సోమీటరులంటారు. అవి పట్టుకు పోవడానికి లోహపు బరామీటర్లంత సుకరముగాను ఉండి, అంతకంటె చాల నిర్దుష్టంగా ఎత్తును సూచిస్తాయి.

అయితే బరామీటర్లు "మరిగించకుండానే" గాలి ఒత్తిడిని కొలిచి మనం ఉండే ఎత్తును సూచిస్తాయి. ఏమంటే మనం ఎత్తునకు వెళ్లిన కొద్దీ వాయుపీడనం తగ్గిపోతుంది. కాని, ఇందుకు కూడా, ఎత్తునుబట్టి వాయుపీడనం ఎలా తగ్గేది సూచించే పట్టిక కావాలి, లేదా తగు సూత్రమైనా తెలియాలి. అయితే హాస్యకారుడు ఇదంతా కలగాపులగంగా చేసి, "బరామీటరు సూపు" కాయించాడు.

# మరిగేనీరు విధిగా వేడిగా ఉంటుందా?

జూల్స్ వేర్న్ నవల "హెక్టరు సర్వడాక్" లో పరిచారకుడు బెన్ జూఫ్ అనేవాడు మీకు గుర్తుండవచ్చు. అతను మరిగేనీరు ఎల్లప్పుడూ బొబ్బపొక్కేటంత వేడిగా ఉంటుందనుకొనేవాడు. అతను సర్వడాక్‌తోపాటు తోకచుక్క వేపుకు వెళ్లక పోయినట్టయితే అతని అభిప్రాయం మారి ఉండేది కాదనుకుంటాను. ఈ తోకచుక్క మన భూమిని ఢీకొని సమంగా మన కథానాయకులిద్దరూ నిలబడి ఉన్న భూభాగాన్ని విడగొట్టి ఒక దీర్ఘవలయ కక్ష్యలో ప్రయాణింపచేసింది. మరిగేనీరు సర్వత్రా ఒకే వేడిగా ఉండదన్న విషయాన్ని అతను అప్పుడు మొట్టమొదటి సారిగా తెలుసుకో గలిగాడు. అతను వంటచేస్తుండగా ఈ సంగతి తెలియ వచ్చింది.

"బెన్ జూఫ్ పాత్రలో నీరు పోసి కాగడానికి మంటమీద ఉంచాడు. కోడిగుడ్లు అతని చేతిలో ఉన్నాయి. లోపల డొల్ల అయినట్టుగా అవి ఈకలంత తేలికగా ఉన్నాయి.

"రెండు నిమిషాలైనా తిరక్క ముందే నీరు మరగ నారంభించడం చూసి బెన్ జూఫ్ 'అరే, మంట ఎంత వేడిగా ఉండి ఉండాలో!' అన్నాడు.

"సర్వడాక్ కొంచెం ఆలోచించి, 'మంట వేడి హెచ్చుగా ఉండడం కాదు, నీరు త్వరగా మరుగుతున్నది' అన్నాడు.

"అతను గోడకు తగిలించి ఉన్న థర్మామీటరు తీసి మరిగే నీటిలో ఉంచాడు. అది సరిగా 66 డిగ్రీలు చూపింది.

" 'అరి భగవంతుడా, నూరు డిగ్రీలకు కాకుండా నీరు 66 డిగ్రీలకే మరిగి పోతున్నదే' అన్నాడు కెప్టెన్.

" 'ఏం చెయ్యాలి, కెప్టెన్?'

" 'బెన్ జూఫ్! నా మాటవిని గుడ్లను పావుగంటసేపు ఉడికించు.'

" 'రాళ్లల్లే అయిపోతాయి!'

" 'అదేమి అవదోయ్, చక్కగా కావలసినట్టు అవుతాయి.'

"దీని కంతకూ కారణం వాతావరణం ఎత్తు తగ్గడమే. భూమిమీద ఉండే గాలి స్తంభపు ఎత్తులో సుమారు మూడోవంతు ఇక్కడ లేదు. అందుకే వాయుపీడనం తగ్గి 100 డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రతకు మరగ వలసిన నీరు 66 డిగ్రీలకే మరిగిపోయింది. సముద్ర మట్టానికి 11 కిలోమీటర్లు ఎగువగా ఉండే పర్వత శిఖరముపైన కూడా ఇలాగే జరిగి ఉండును.

కెప్టెనుకు బరామీటరు అందుబాటులో ఉన్న పక్షంలో అది వాయుపీడనంయొక్క తరుగుదలను చూపి ఉండేది."

వాళ్ల అనుభవాన్ని మనం శకించవద్దు. 66 డిగ్రీల వేడికి నీరు మరిగిందని వాళ్లంటున్నది మనం నిజంకింద తీసేసుకుందాం. కాని అంత పలచబారిన వాతావరణంలో ఆ మనుషులిద్దరు అంత సహజశక్తులతో ఉండడం మట్టుకు చాలా అనుమానాస్పదం.

11,000 మీటర్ల ఎత్తున ఇదే జరిగి ఉండునని జూల్స్ వెర్న్ సరిగానే చెప్పాడు: అక్కడ నిజంగా లెక్కప్రకారం నీరు $66^{\circ}$ వద్దనే మరగాలి.* యీ స్థితిలో వాతావరణ పీడనం 190 మి.మీ. పాదరసం స్తంభానికి సమంగా ఉంటుంది. అంటే మామూలు వాయుపీడనంలో నాల్గోవంతు. అంత పలచబారిని గాలిని పీల్చడం దాదాపు అసాధ్యం. నిజానికా ఎత్తు స్ట్రాటోస్ఫియర్‌లో చేరినది. ఆక్సిజను మాస్కులు లేకుండా 7–8 కిలోమీటర్ల ఎత్తుకు వెళ్లిన వైమానికులకు స్పృహ తప్పిపోవడం మన మెరుగుదుము. కాని సర్వడాక్, అతని పరిచారకుడు కూడా చెక్కు చెదరలేదు. ఇంకా నయం, సర్వడాక్ చేతిలో బరామీటరుందికాదు; ఉన్నట్టయితే నవలాకారుడికి భౌతికశాస్త్ర ప్రకారం అది చూపవలసిన సంఖ్య కాకుండా వేరుసంఖ్య చూపేటట్టు చేయవలసి వచ్చేది.

మాటవరుసకు మన కథానాయకులు కల్పిత ధూమకేతువుపైకాక, 60–70 మి.మీ. వాతావరణపీడనంగల ఏ అంగారకగ్రహంమీదనో ఉండినట్టయితే, 45 సెం. డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రత మాత్రమే గల చల్లని మరుగునీటిని తాగి ఉండేవారు.

దీనికి విరుద్ధంగా వాతావరణపీడనం హెచ్చుగా ఉండే లోతైన గనులదిగువన హెచ్చు వేడిగల మరుగునీరు లభిస్తుంది. 300 మీటర్ల లోతున మరిగే నీటి ఉష్ణోగ్రత 101 డిగ్రీలు. 600 మీటర్ల లోతున 102 డిగ్రీలు వుంటుంది.

పీడనం అమితంగా హెచ్చినప్పుడు ఆవిరి యంత్రపు బాయిలరులో సయితం నీరు మరుగుతోంది. 14 వాతావరణపీడనాల ఒత్తిడికి నీరుమరిగే ఉష్ణోగ్రత 200 డిగ్రీలు; అలాగాక గాలిని తీసేసే పంపు ముఖంలో నీటిని ఉంచితే అది సాధారణ గది ఉష్ణోగ్రతకే మరిగి $20^{\circ}$ వేడిగల "మరుగునీరు" తయారవుతుంది.

* * *

వైమానిక, కాస్మిక్ వైద్యం అభివృద్ధి చెందుతూన్నప్పుడు, ఎత్తు ప్రాణకి రెండు రకాల ప్రమాదాన్ని కల్గించుతుందని నిరూపించబడింది: మొదటిది ఊపిరిపీల్చేందుకు వాయువు

---

* నీరు మరిగే ఉష్ణోగ్రత ఒక్కొక్క కి.మీ. ఎత్తుకూ $3^{\circ}C$ తగ్గుతుందని మనం ముందే తెలుసుకొని ఉన్నాం. గనుక $66^{\circ}C$కే నీరు మరగాలంటే, $\frac{34}{3}$=సుమారు 11 కి.మీ. ఎత్తుకు ఎక్కాలి.

కొరవడడం. ఇంతకంటే మరింత ప్రమాదకరమైనది వాతావరణ పీడన తగ్గుదల. ఉల్కలు రోదసీనౌకను ఢీకొన్న పక్షంలో, దాని పొర ధ్వంసంకాబడవచ్చు. ఫలితంగా రోదసీనౌకలోని వాతావరణపీడనం తగ్గిపోవచ్చు. దీని ఫలితంగా రక్తంలో వున్న వాయువులు పొంగి పైకి విడుదల అవుతాయి, రక్తం అక్షరాలా కుతకుత మరుగుతుంది. అనుభవంలేని డైవర్స్‌కి ఇటువంటి ప్రమాదం జరగవచ్చు. వారు పైకి అతి శీఘ్రంగా వచ్చినపక్షంలో ''కెస్సన్'' వ్యాధికి గురిఅవుతారు.

## వేడి మంచుగడ్డ

మనమింతకు ముందు చల్లని మరుగునీటిని గూర్చి చెప్పుకున్నాము. అంతకన్న విడ్డూరమయినది ఉన్నది — వేడి మంచుగడ్డ. సున్నాడిగ్రీలను మించిన ఉష్ణోగ్రతలో నీరు మంచుగడ్డ రూపంలో ఉండలేదన్న భావం మన మనుష్యులలో పాతుకు పోయింది. కాని ఇది నిజం కాదని బ్రిటిషు భౌతిక శాస్త్రవేత్త బ్రిగ్‌మన్ ఋజువు పరచాడు. నీటిని అపారమయిన వొత్తిడికి గురిచేసినట్టయితే అది 0 డిగ్రీల కన్నా చాలా హెచ్చు ఉష్ణోగ్రతలో సైతము గడ్డకట్టి మంచుగడ్డ రూపంలోనే వుండిపోతుంది. మంచుగడ్డ అనేక రకాలుగా వుండగలదని బ్రిగ్‌మన్ స్పష్టంగా నిరూపించాడు. ఆయన ''5 వ నంబరు మంచుగడ్డ'' అన్నది 20,600 వా. పీడనాల దారుణమైన ఒత్తిడిలో 76 డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రతకు కూడా కరగకుండా వుండిపోయింది. దానిని మనం ముట్టుకో గలిగినట్టయితే మన వేళ్ళు కాలి పోతాయి. అయితే మనం దానిని తాకే అవకాశం లేదు. ఎందుకంటే అది మేలురకం ఉక్కు నుంచి తయారుచేసిన మందమయిన పాత్ర అడుగున అపారమైన ఒత్తిడిశక్తిగల ప్రెస్సు దిగువ తయారవుతుంది. మనం దానిని చూడనైనా చూడలేం. దాని లక్షణాలను మనం పరోక్షంగా తెలుసుకోవలసిందే.

యీ వేడి మంచుగడ్డ మామూలు మంచుగడ్డకన్నా, మామూలు నీటికన్నా కూడా బరువు హెచ్చుగా ఉంటుందన్నది గమనించదగిన విషయం. మామూలు మంచుగడ్డ నీటిపైని తేలుతుందిగాని ఇది నీటిలో మునుగుతుంది. దీని విశిష్ట గురుత్వం 1.05.

## బొగ్గునుంచి చల్లదనం

బొగ్గునుంచి వేడిగాక చల్లదనం రాబట్టడమనేది విపరీతమేమీ కాదు. పొడి మంచుగడ్డ అనేది తయారయ్యే ఫ్యాక్టరీలలో ఇది నిత్యమూ జరుగుతూనే ఉంటుంది. యీ ఫ్యాక్టరీలలో బొగ్గును బాయిలరు డమ్ములలో దహనం చేసి దానినుంచి వచ్చే పొగను

సుద్ధిచేసి అందులోని కార్బన్ డయాక్సైడును (బొగ్గుపులుసు గాలిని) క్షారద్రవంలోకి పట్టుతారు. దానిని వేడెక్కించగా వెలువడే సుద్ధమైన కార్బన్ డయాక్సైడును చల్లబరిచి 70 వాతావరణ పీడనాల వొత్తిడి కలిగించి దానికి ద్రవరూపం తెప్పించుతారు. యీ కార్బన్ డయాక్సైడు ద్రవాన్ని మందమైన సిలిండరులలో సోడా కంపెనీలకు పారిశ్రామిక స్థలాలకు పంపుతారు. కాంక్రీటు పునాదులను చల్లబరిచి గట్టిబరచడానికి చాలినంత చల్లదనం గలది ఈ ద్రవరూప కార్బన్ డయాక్సైడు. మాస్కో మెట్రో కట్టినప్పుడు ఇలాగే చేసారు. అయితే తరుచు మనకు ఘన రూపంలో ఉండే కార్బన్ డయాక్సైడుతో పని పడుతూ ఉంటుంది. దానినే ''పొడి మంచుగడ్డ'' (డ్రయ్ అయిస్) అంటారు.

కార్బన్ డయాక్సైడు ద్రవాన్ని అల్పమైన ఒత్తిడిలో ఉంచి శీఘ్రంగా ఇగురు పెట్ట డంద్వారా ''పొడి మంచుగడ్డ'' తయారవుతుంది. చూడటానికి ''పొడి మంచు ముక్కలు'' మంచుగడ్డలాగ కంటె నొక్కిన మంచుగుండలాగ ఉంటాయి. సాధారణంగా దానికీ గడ్డకట్టిన నీటికి చాలా భేదం ఉంటుంది. యీ బొగ్గుపులుసు మంచుగడ్డ మామూలు మంచుగడ్డకన్నా బరువుండి నీటిలో మునుగుతుంది. దాని ఉష్ణోగ్రత సున్నా కన్న 78 డిగ్రీలు తక్కువ అయినప్పటికీ దాన్ని మనం వదులుగా పట్టుకున్నట్టయితే చల్లదనం అంతగా తెలియదు. ఎందుచేతంటే వెచ్చని వేళ్ళు సోకిన చోట కార్బన్ డయాక్సైడు వాయువు ఏర్పడి మన చర్మాన్ని చలినుంచి కాపాడుతుంది. కాని మనం పొడి మంచును గట్టిగా పట్టుకున్నట్టయితే వేళ్ళు బిగుసుకు పోవడం జరుగుతుంది.

పొడిమంచు అనేమాట దాన్ని భౌతిక లక్షణాన్ని చాలచక్కగా సూచిస్తుంది. ఎందు చేతంటే అది ఎన్నడు చెమ్మగిల్లదు. మరొక వస్తువును తడపదు. వేడెక్కుతూనే అది ద్రవ రూపాన్ని తప్పించుకొని తిన్నగా వాయురూపం పొందుతుంది. అందుకు కారణం కార్బన్ డయాక్సైడు మామూలు వాతావరణ పీడనంలో ద్రవస్థితిలో ఉండలేక పోవడమే. దీనికీ లక్షణం ఉండడం చేతనూ దీని ఉష్ణోగ్రత చాలా తక్కువ కావడం చేతనూ శీతలస్థానంగా నిత్యజీవితంలో ఇది చాలా ఉపయుక్తంగా ఉంటున్నది. దీని సహాయంతో నిలువ వుంచే వస్తువులు తడికి చీకవు. అంతేగాక చెడిపోవు — కార్బన్ డయాక్సైడు వాయువు సూక్ష్మక్రిముల పెరుగుదలను నిరోధించడం చేత బూజుపట్టవు. కీటకాలు ఎలుకలు లాటివి ఆ వాయువుతో కూడిన వాతావరణంలో జీవించలేవు. అగ్నిమాపకాల కార్బన్ డయాక్సైడు సమర్థమయినది. మండే పెట్రోలులో పొడిమంచు ముక్కలు కాసిని వేసినట్టయితే మంటలు వెంటనే చల్లా రుతాయి. అందుచేతనే పరిశ్రమలోనూ, నిత్యకృత్యాలకూ పొడిమంచు ఆదరణీయంగా వుంటుంది.

## ఎనిమిదవ అధ్యాయం

# అయస్కాంతత్వము, విద్యుత్తు

## "ప్రేమించే శిల"

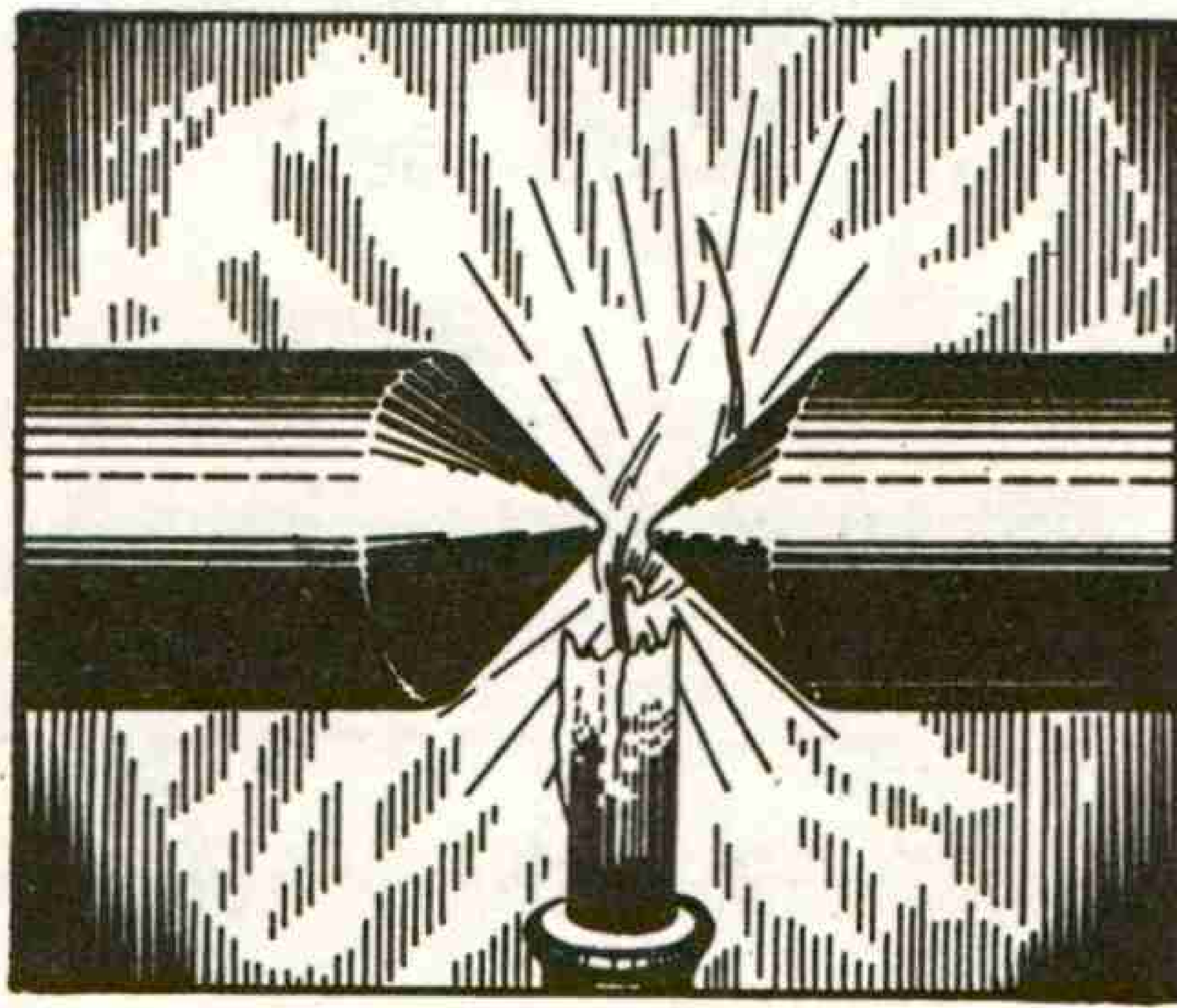
ప్రకృతి సిద్ధమయిన అయస్కాంతాలకు చీనావారు అలాటి ముచ్చటయిన నామకరణం చేశారు. "చుషి" (ప్రేమించే శిల) తల్లి తన బిడ్డను అక్కున చేర్చుకున్న విధంగా ఇనుమును ఆకర్షిస్తుందని చీనావారంటారు. చిత్రమేమంటే ప్రాచీన ప్రపంచపు రెండో చివర వున్న ఫ్రెంచివారు కూడా అయస్కాంతానికి అలాటి పేరే పెట్టారు. వారుదాన్ని 'aimant' అంటారు. ఆమాటకు "అయస్కాంతమనీ," "ప్రేమించే" అనీ కూడా అర్థం ఉన్నది.

సహజమైన అయస్కాంతం యొక్క "ప్రేమ" శక్తి చాలా స్వల్పం. అందుచేత గ్రీకులు దానికి పెట్టిన పేరు "హెర్క్యులెస్ శిల" అనేది చాలా అలౌకికంగా కనిపిస్తుంది. సహజమయిన అయస్కాంతానికి గల కొద్దిపాటి ఆకర్షణ శక్తికే ప్రాచీన గ్రీకులు నివ్వెరపోయారంటే యీనాటి యినుము ఉక్కుకర్మాగారాలలో అనేక టన్నుల బరువుగల ఇనుప దిమ్మలను ఎత్తగల ఆధునిక అయస్కాంతాలను చూసినట్టయితే వారేమనేవారో! నిజం చెప్పాలంటే అవి సహజమైన అయస్కాంతాలు కావు. విద్యుదయస్కాంతాలు అంటే తమ చుట్టూ చుట్టిన తీగచుట్టలగుండా విద్యుత్తు ప్రవహించడం ద్వారా అయస్కాంత శక్తిని పొందిన ఇనుప దుంగలు. అయితే రెండు రకాల అయస్కాంతాలదీ ఒకే రకం శక్తి — అయస్కాంత శక్తి.

అయస్కాంతం ఇనుముమీద మాత్రమే పనిచేస్తుందని అనుకోవద్దు. శక్తివంతమయిన అయస్కాంతం ఆకర్షించగల లోహాలు మరికొన్ని కూడా వున్నాయి. అయితే అవి ఇనుము ఆకర్షించబడినంత శక్తితో ఆకర్షించబడవు. లోహాలు — నికెలు, కోబాల్టు, మాంగనీస్,

అల్యూమినియము, బంగారము, వెండీ, ప్లాటినము అయస్కాంతంచేత కొద్దిగా ఆకర్షించ బడతాయి. జింకు, సీసమూ, గంధకం, బిస్మత్ లాటి, ''డయామేగ్నెటిక్'' అనబడే వాటి గుణాలు మరింత విచిత్రమైనవి. శక్తివంతమయిన అయస్కాంతం యీ పదార్థాలను ఆకర్షించక పోగా వికర్షిస్తుంది!

ద్రవ పదార్థాలూ వాయుపదార్థాలూ కూడా అయస్కాంతంచే ఆకర్షించబడగలవు, వికర్షించబడగలవు. అయితే అత్యల్పంగా మాత్రమే. అయస్కాంతం ఎంతో శక్తివంతమైన ప్పుడే ఈ పదార్థాలపై దాని ప్రభావం తెలుస్తుంది. స్వచ్ఛమైన ఆక్సిజను అయస్కాంతంచేత ఆకర్షించబడుతుంది. ఒక సబ్బుబుడగను ఆక్సిజనుతో నింపి శక్తివంతమయిన విద్యుద



చిత్రం 88. విద్యుదయస్కాంత ధ్రువాలమధ్య మైనపు వత్తి జ్వాల.

యస్కాంతంయొక్క ''ధ్రువాల'' మధ్యన వుంచినట్టయితే అదృశ్యంగా వుండే అయస్కాంత శక్తి ఫలితంగా బుడగ ఒక ధ్రువంనుంచి రెండో ధ్రువానికి సాగటం స్పష్టంగా కనిపిస్తుంది. మైనపు వత్తిని వెలిగించి శక్తివంతమైన అయస్కాంతంయొక్క ధ్రువాలమధ్య ఉంచినట్టయితే దాని జ్వాలయొక్క సహజ ఆకృతి మారి అది అయస్కాంత శక్తిచేత ప్రభావితమైనట్టు తెలుస్తుంది (చిత్రం 88).

## దిక్సూచి సమస్య

దిక్సూచియొక్క కొనలలో ఒకటి ఎప్పుడూ ఉత్తరానికే రెండవది ఎప్పుడూ దక్షిణానికీ ఉంటాయన్న అభిప్రాయం మనలో పాతుకు పోయింది. అందుచేత దిక్సూచి రెండు

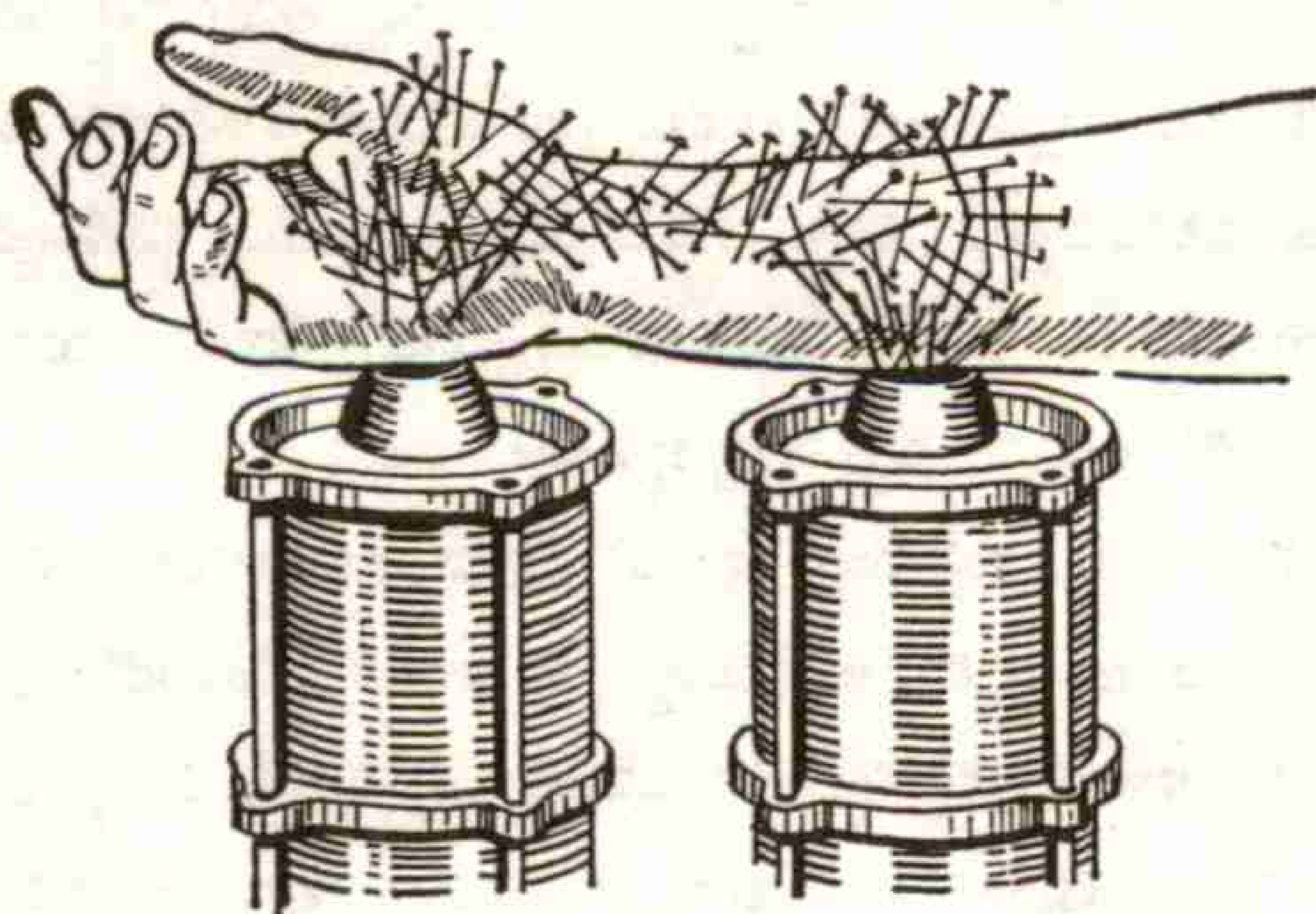
చివరలు ఉత్తరానికే తిరిగి ఉండే చోట ప్రపంచంలో ఏది అన్న ప్రశ్న తెలివితక్కువ ప్రశ్నగా కనిపిస్తుంది. దిక్సూచియొక్క రెండు కొనలూ దక్షిణాన్నే సూచించే చోటేది అన్న ప్రశ్న కూడా అలాటిదే.

భూమిమీద అలాటి ప్రదేశమే లేదని ఉండ వీల్లేదని మీరు రూఢిగా చెప్పనున్నారు. కాని అలాటి ప్రదేశాలున్నాయి. భూమియొక్క భౌగోళిక ధ్రువాలున్న చోటనే దాని అయస్కాంత ధ్రువాలులేవన్న సంగతి జ్ఞాపకం తెచ్చుకుంటే నేను మన భూమిమీదనున్న ఏస్థలాలను గురించి చెబుతున్నది మీరే ఊహించగలుగుతారు. దిక్సూచిని దక్షిణధ్రువం వద్ద ఉంచితే దాని కొనలు ఏదిక్కులకేసి ఉంటాయి? ఒకటి భూమియొక్క సమీప అయస్కాంత ధ్రువం కేసి రెండోది రెండో అయస్కాంత ధ్రువం కేసి వుంటుంది. అయితే భూమియొక్క భౌగోళిక దక్షిణధ్రువంనుంచి ఎటువెళ్లినా అది ఉత్తరమే అవుతుంది. అక్కడనుంచి ఉత్తరంగా తప్ప మరొక దిక్కుగా వెళ్లటానికి లేదు. దాని చుట్టూ అంతా ఉత్తరమే. అందుచేత అయస్కాంతపు ముల్లుయొక్క రెండు కొనలూ ఉత్తరాన్నే సూచిస్తాయి.

అలాగే భౌగోళిక ఉత్తరధ్రువాన వుంచిన దిక్సూచియొక్క రెండు కొనలూ దక్షిణానికి తిరిగివుంటాయి.

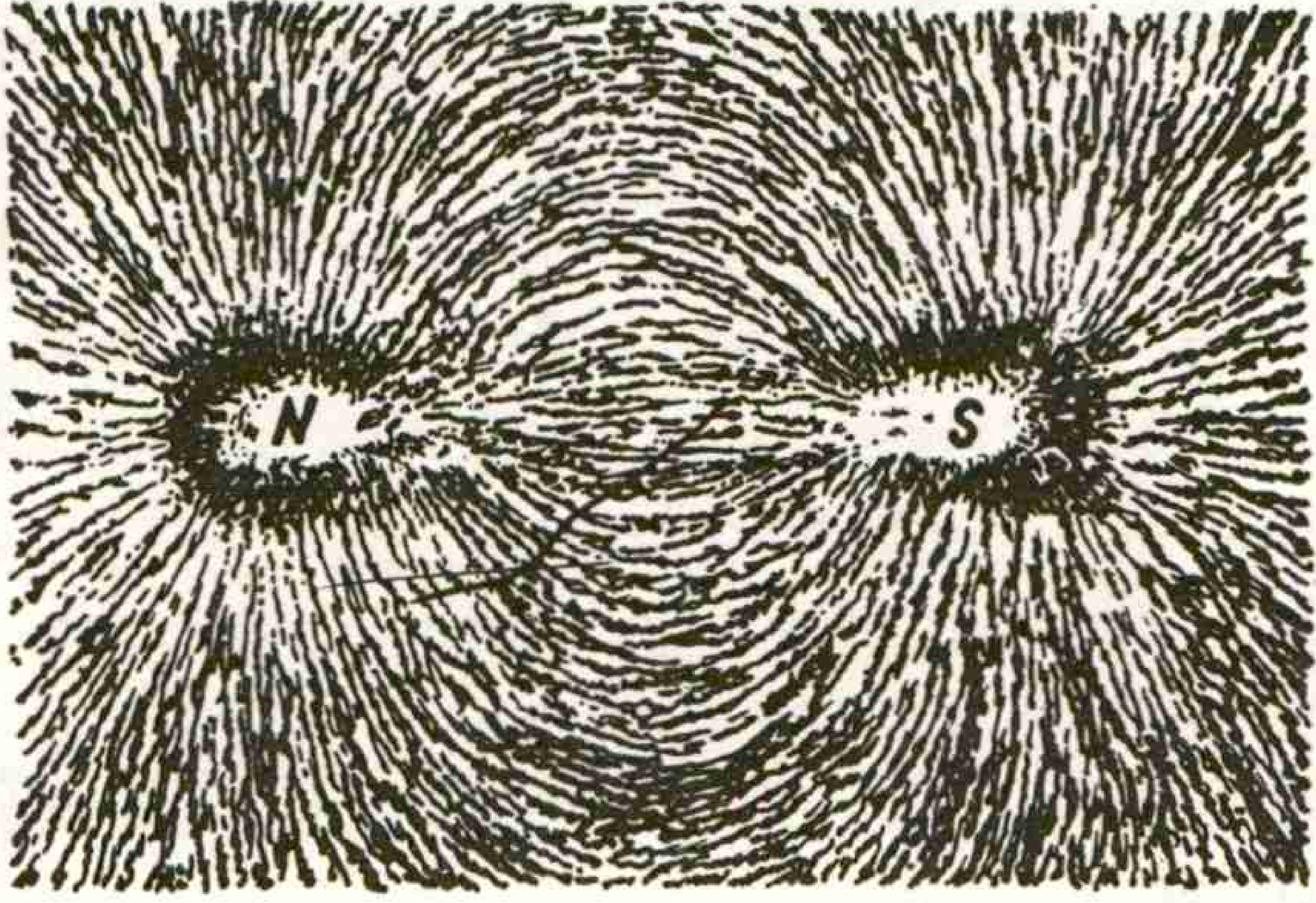
## అయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలు

చిత్రం 89 లో ఒక తమాషా ప్రదర్శితమై వున్నది. ఈ చిత్రం ఒక ఫోటోను అనుసరించి తయారుచేసినది. విద్యుదయస్కాంత ధ్రువాలపైన ఉంచిన చేతిమీద అనేక మేకులు ముళ్లలాగా పొడుచుకు రావడం అందులో కనబడుతుంది. అయస్కాంత



చిత్రం 89. చేతిగుండా అయస్కాంత శక్తులు ప్రవహిస్తాయి.

శక్తులు అదృశ్యంగా చేతిగుండా ప్రసరిస్తాయి. కాని అయస్కాంతాకర్షణ చేతికి ఏమాత్రమూ తెలియరాదు. మేకులు మాత్రం ఆ ప్రభావానికి లొంగిపోయి ఒక పద్ధతిలో అమర్చబడి విద్యుదయస్కాంత క్షేత్ర రేఖలను సూచిస్తాయి.




చిత్రం 90. అట్టదిగువన అయస్కాంతం ఉంటే అట్టపైన ఆకురాయి పొడి ఉండే ఆకారం. ఫోటోనుంచి తయారుచేసిన చిత్రం.

మనిషికి అయస్కాంత క్షేత్ర జ్ఞానం కలిగించే జ్ఞానేంద్రియాలు లేని కారణంచేత అయస్కాంతంనుంచి వెలువడే శక్తిని గురించి ఊహించ వలసిందే.* అయితే పరోక్షంగా యీ

---

* మనకు అయస్కాంతజ్ఞానం ఉన్నట్టయితే ఎలాటి అనుభూతి కలిగేదో ఊహించటం ఆసక్తిజనకం కాకపోదు. క్రైడెల్ అనే ఆయన గాజురొయ్యలనే చేపలకు ఒక రకమైన అయస్కాంత జ్ఞానం కలిగించాడు. చిన్న గాజురొయ్యలు తమ శ్రవణేంద్రియాలలోకి చిన్న గులకరాళ్ల దూర్చుకోవటం ఆయన గమనించాడు. వాటి శరీరాలను తూకంగా వుంచే శ్రవణేంద్రియో పాంగంలో అతి సూక్ష్మ స్పర్శజ్ఞానంగల వెంట్రుకలుంటాయి. వాటిమీద యీగులకరాళ్ల బరువు పడుతుంది. మనుషుల చెవులలో గూడా అలాటి గులకరాళ్ల లాటివి వున్నాయి. వాటిని ''ఆటోలిట్''లు అంటారు. అవి ముఖ్య శ్రవణాంగం సమీపంలో వుంటాయి. వీటి సహాయంతో మనం గురుత్వాకర్షణశక్తి ప్రయోగింపబడే నిట్టనిలువు దిక్కు తెలుసుకోగలుగుతాం. క్రైడెల్ గాజురొయ్య చెవులలో గులకరాళ్లకు బదులు ఆకురాయిపొడి ప్రవేశింప చేయగలిగాడు. గాజురొయ్యవద్దకు ఒక అయస్కాంతాన్ని తీసుకు రాగా అది భూమియొక్క ఆకర్షణ

శక్తుల అమరికను సులువుగా కనిపెట్టవచ్చు. ఇందుకు ఆకురాతి పొడి చక్కగా పనికి వస్తుంది. నునుపైన అట్టనుగాని గాజు పలకనుగాని తీసుకుని దానిపైన పలచగా ఆకురాతి పొడి చల్లండి. తరవాత దానిని దండాయస్కాంతం (నిడువుగా వుండే సూదంటురాయి) పైన వుంచి అట్టమీద చిన్నచిన్న దెబ్బలతో ఆ నలుసులను గెంతించండి. అయస్కాంత శక్తి అట్టలోనుంచి గాజు పలకనుంచీ స్వేచ్ఛగా ప్రసారమవుతుంది గనుక ఆకురాయిపొడి నలుసులు అయస్కాంతీకరణం పొందుతాయి. వేలితో మీటడంచేత నలుసులు కనురెప్ప పాటు అట్టనుంచి వేరుపడి అయస్కాంత క్షేత్రంలో ఒక అయస్కాంతంలాగ అయస్కాంత క్షేత్రరేఖలవెంట బారులుగా ఏర్పడి అదృశ్యంగా ఉండే అయస్కాంత శక్తులు క్షేత్రంలో ఎలా అమరి వుండేది ప్రత్యక్షగోచరమవుతుంది.

అయస్కాంత శక్తి రేఖలు అయస్కాంత ధ్రువాలనుంచి అన్నిదిక్కులకూ ప్రసారమై చిన్న పెద్ద వక్రరేఖలలో కలుసుకుంటాయి. ప్రతి అయస్కాంతం చుట్టూ అయస్కాంత క్షేత్రం ఎలా వుంటుందని భౌతిక శాస్త్రజ్ఞుడు ఊహించుకుంటాడో ఆకురాయి పొడి నలుసులు చూపుతాయి. ధ్రువాలసమీపంలో రేఖలు ఒత్తుగానూ స్ఫుటంగానూ వుండి దూరం వెళ్లిన కొద్దీ అస్పష్టమయిపోతాయి. అయస్కాంత శక్తి దూరం పోయిన కొద్దీ బలహీనం కావడాన్ని సూచిస్తాయి.

## ఉక్కు ఎలా అయస్కాంతీకరణం పొందుతుంది?

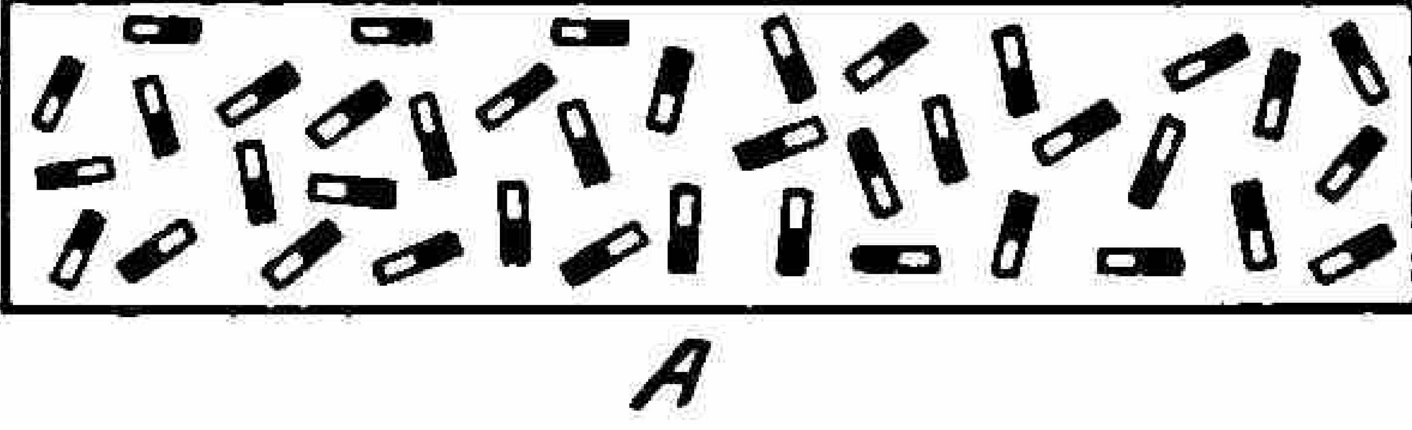
తరచుగా వినిపించే యీ ప్రశ్నకు సమాధానం చెప్పాలంటే అయస్కాంత శక్తిగల ఉక్కుదండానికి ఆ శక్తి లేని ఉక్కుదండానికి తేడా ఏమిటో ముందు తెలుసుకోవాలి. అయస్కాంతీకరణం పొందినా పొందక పోయినా ఉక్కుదండంలోని ప్రతి పరమాణువూ ఒక సూక్ష్మమైన అయస్కాంతం అయినట్టు భావించవచ్చు. దండంలో అయస్కాంతత్వం లేనప్పుడు అందులోని

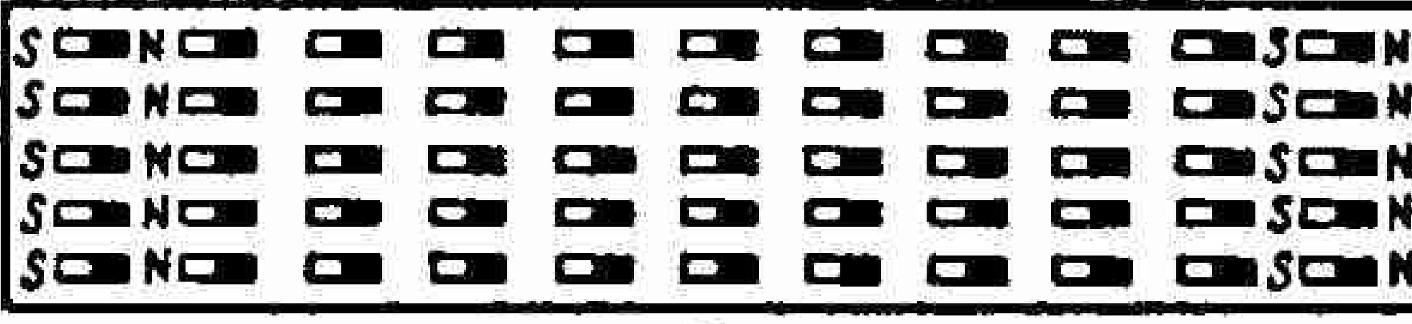
---

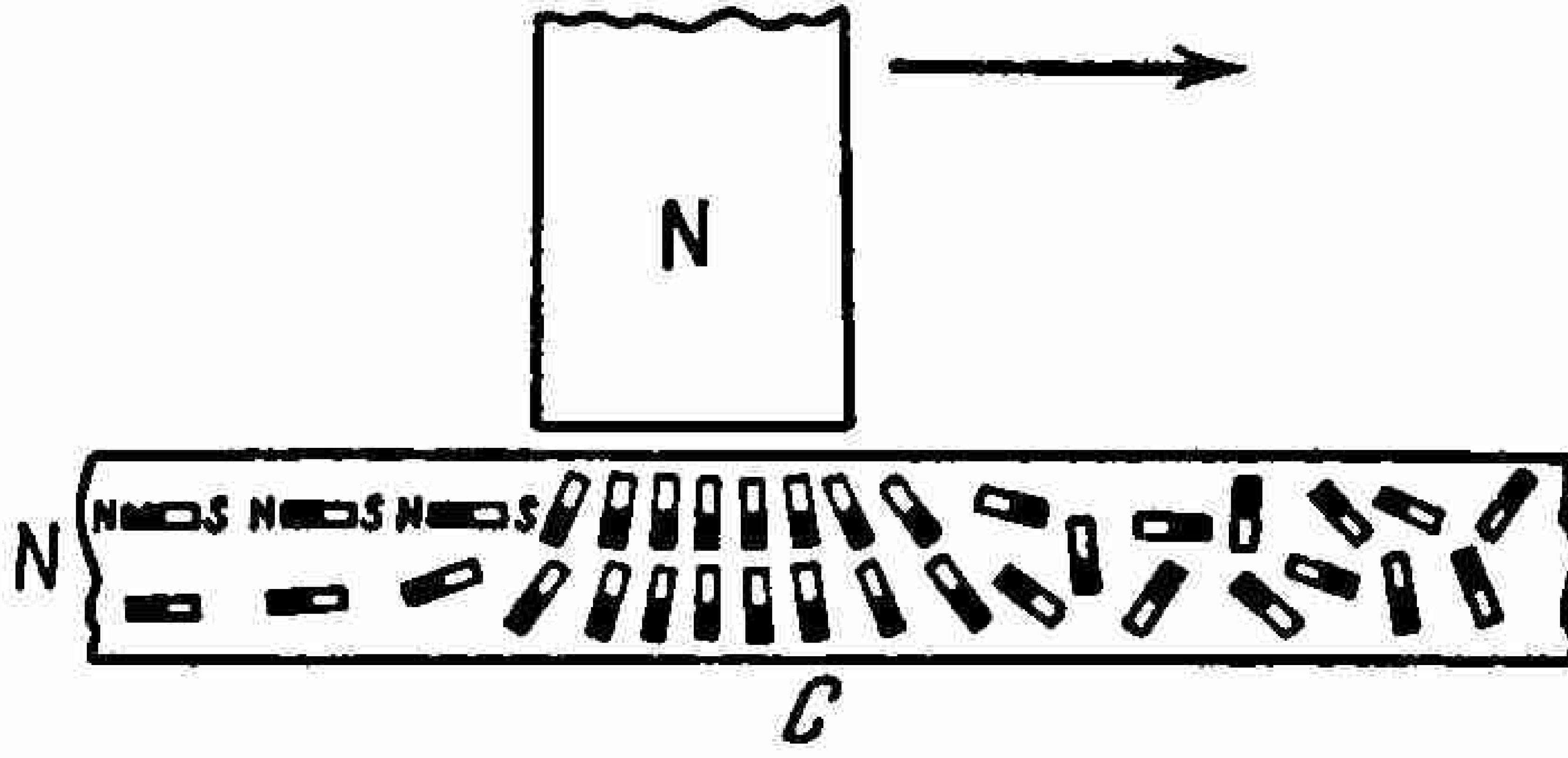
వుండే దిక్కుగాను నిలవక అయస్కాంత శక్తి ప్రసరించే దిక్కుగాను నిలవక రెండు శక్తుల ఫలితం ఉండే దిక్కుగా నిలబడింది.

"ఇలాటి ప్రయోగమే కొద్దిమార్పుతో ఇటీవల మానవుడి పైన జరిగింది. కర్ణభేరి (ధ్వని తరంగాలను స్వీకరించే చెవిలో పొర) ను కేలెర్ సూక్ష్మమైన ఆకురాయి పొడి అంటించాడు. దాని ఫలితంగా అయస్కాంత శక్తి తరంగాలు చెవికి ధ్వనిలాగా వినిపించాయి." (ప్రొఫెసర్ వీనర్.)

సూక్ష్మ అయస్కాంతాలు చెదురుమదురుగా వుండి ఒకదాని అయస్కాంత ప్రభావం రెండో దాని వ్యతిరేక ప్రభావంవల్ల తటస్థపరచబడుతుంది (చిత్రం 91 *A*). అయస్కాంతాలలో అలాకాక సూక్ష్మ అయస్కాంతాలన్నీ తమ ధ్రువాలలో ఒకే రకమైనవన్నీ ఒకే దిక్కుగా ఉండేటట్టు అమరి వుంటాయి. చిత్రం 91 *B* లో చూపెట్టబడినట్టు.




చిత్రం 91. *A* – అయస్కాంతత లేని ఉక్కు దండంలో అయస్కాంత పరమాణువులుండే పద్ధతి; *B* – అయస్కాంతత గల దండంలో; *C* – అయస్కాంతత్వంగల ఉక్కు దండంపైన మరొక అయస్కాంత ధ్రువంయొక్క ప్రభావం.

ఉక్కుదండాన్ని అయస్కాంతీకరించేటప్పుడు ఏం జరుగుతుంది? అయస్కాంతంయొక్క ఆకర్షణ శక్తివల్ల దండంలోని సూక్ష్మ అయస్కాంతాలు ఉత్తర ధ్రువాలన్నీ ఒకేదిక్కుకు తిరుగుతాయి. అలాగే దక్షిణ ధ్రువాలు రెండోదిక్కుకు తిరుగుతాయి. చిత్రం 91 *C* యీ ప్రక్రియకు చక్కని ప్రదర్శన. సూక్ష్మ అయస్కాంతాలు తమ దక్షిణధ్రువాలు అయస్కాంతంయొక్క ఉత్తర ధ్రువంకేసి వుండేలాగా తిరిగిపోతాయి. అయస్కాంతం ముందుకు పోయిన కొద్దీ సూక్ష్మ అయస్కాంతాలు అది వెళ్లేదిక్కుగా తిరుగుతాయి.

దీన్ని బట్టి ఉక్కును అయస్కాంతీకరించేటప్పుడు ఏం చేయాలో అర్థం అవుతుంది. అయస్కాంతంయొక్క ఒక ధ్రువాన్ని ఉక్కుదండం ఒక చివర ఆనించి నొక్కిపట్టి దండం రెండో చివరదాకా రాయాలి. అతి సులభమూ ప్రాచీనమూ అయిన యీ పద్ధతి కొద్ది శక్తిగల చిన్న అయస్కాంతాలను చేయటానికి మాత్రమే ఉపయోగపడుతుంది. శక్తివంతమైన అయస్కాంతాలను తయారుచెయ్యడానికి విద్యుత్‌యొక్క గుణాలను ఉపయోగించాలి.

# బ్రహ్మాండమైన విద్యుదయస్కాంతాలు

మెటలర్జికల్ (ధాతుసాధన) ఫ్యాక్టరీలలో విద్యుదయస్కాంతపు "క్రేన్"లు అపారమైన బరువులను ఎత్తడం మనం చూడవచ్చు. ఇనుప భారాలను ఎత్తి కదపడంలో ఉక్కుపోత ఫ్యాక్టరీలకి, అవి ఎంతో ఉపయుక్తమైనవి. ఎందుకంటే ఎలాటి బంధనాలూ అవసరం లేకుండా అనేక టన్నుల బరువుగల ఇనుప దుంగలనూ, యంత్రభాగాలను ఎత్తి తీసుకు పోగలుగుతాయి. కట్టలు కట్టకుండాను పెట్టెలలో పేర్చకుండానూ యీ క్రేన్‌లు ఇనుప రేకులనూ, తీగనూ, మేకులనూ, తుక్కునూ ఇతర పదార్థాలన్నీ చేర- వేయగలవు. వాటిని మరేవిధంగా చేరవేయాలన్నా ఎంతో కాలమూ, శ్రమా వ్యయపరచవలసి ఉంటుంది.

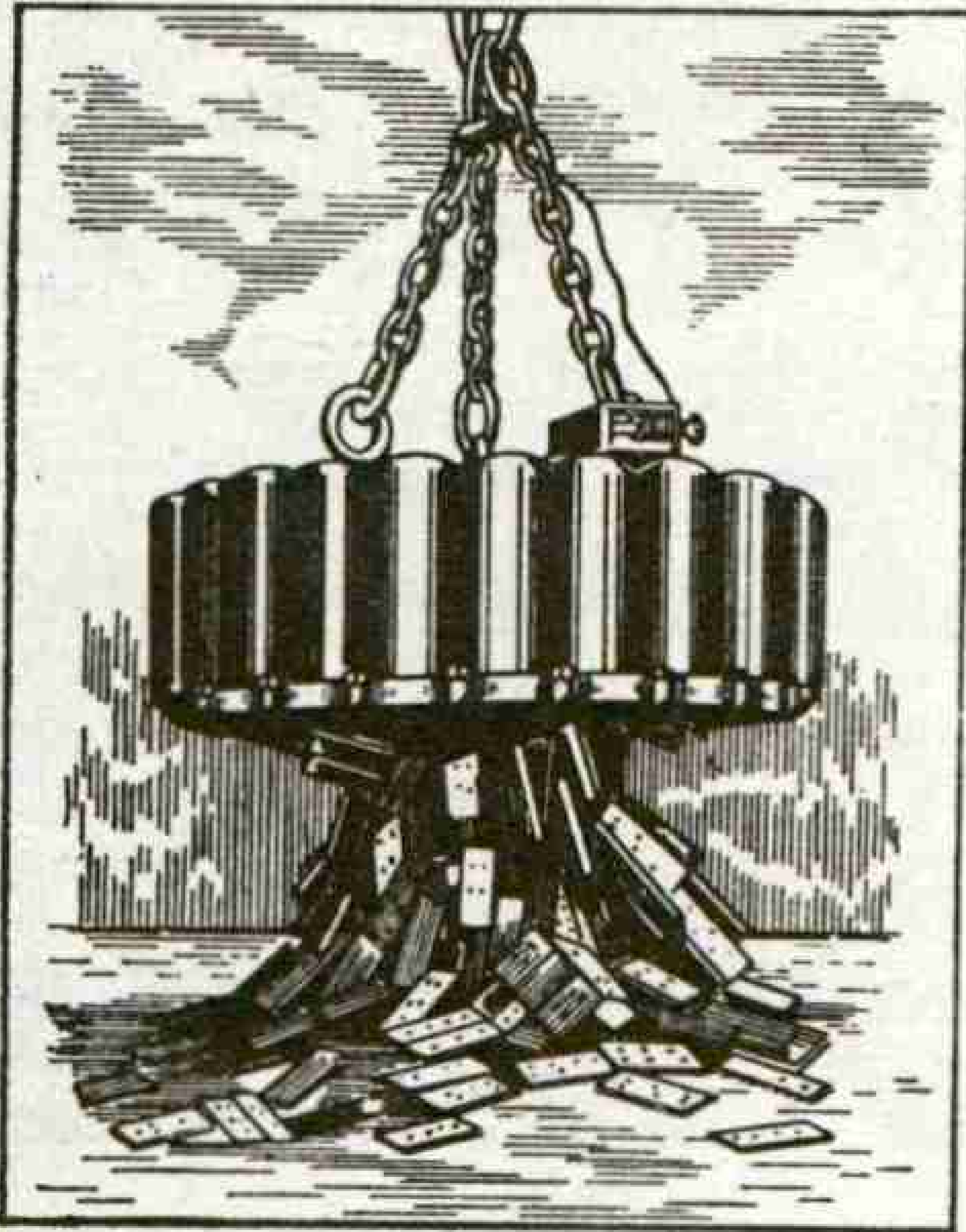
బరువులు ఎత్తే అయస్కాంతాలు ఎంత ఉపయుక్తమయినవో చిత్రాలు 92, 93 చూస్తే తెలుస్తుంది. చిత్రం 92 లో శక్తివంతమైన అయస్కాంతపు క్రేన్ అమాంతంగా లాగేసుకుంటున్న ఇనుప పలకలను పేర్చి పట్టుకుపోవాలంటే ఎంత శ్రమ! కేవలమూ శ్రమ తగ్గి పోవడమేకాదు పని సులువుగా జరిగిపోతుంది కూడా. చిత్రం 93 లో ఒక అయస్కాంతపు క్రేన్ ఒక్క సారిగా 6 పీపాల మేకులను ఎత్తడం కనిపిస్తుంది. ఒక మెట లర్జికల్ ఫ్యాక్టరీలో 4 అయస్కాంతపు క్రేనులు తడవకు తలా పదేసి రైలు పట్టాలను చేరవేస్తూ 200 మంది పనివాళ్ళు చేసేపనిని చేస్తాయి. యీ బరువులను క్రేనులకు కట్ట శ్రమపడనవసరం లేదు: విద్యుదయస్కాంతపు తీగచుట్టలగుండా విద్యుత్తు ప్రవహిస్తున్నంత సేపు చిన్న నలుసుకూడా దాన్నుంచి పడిపోవడం జరుగదు.

ఇటీవల సహజ అయస్కాంతాలకంటే పది, వందల రెట్లు హెచ్చు అయస్కాంతపు గుణాలనుగల మిశ్రమ లోహాలు సాధించబడ్డాయి.

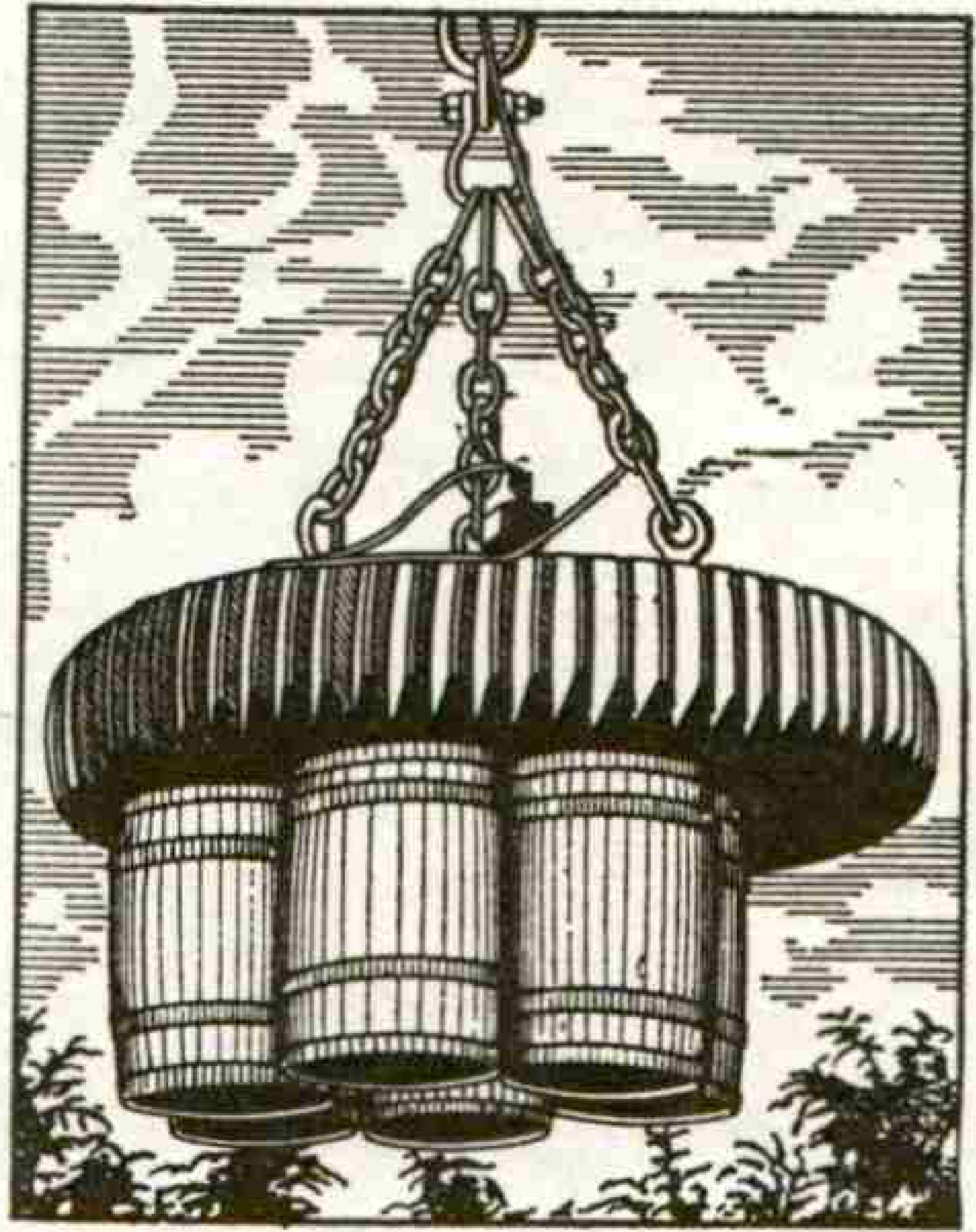
అయితే విద్యుత్ ప్రవాహానికి ఎందువల్లైనా విఘ్నం కలిగినప్పుడు ప్రమాదం తప్పదు. బరువు నెత్తడానికి విద్యుదయస్కాంతాలను ఉపయోగించడం ఆరంభించిన కొత్తలో అలాటి ప్రమాదాలు జరిగాయి కూడా. ఒక సాంకేతిక పత్రిక ఇలా రాసింది: "ఒక అమెరికను ఫ్యాక్టరీలో ఒక విద్యుదయస్కాంతం రైలునుంచి కొలిమివద్దకు ఇనుప అచ్చులను చేరవేస్తూవుండగా విద్యుచ్ఛక్తి సరఫరా చేస్తున్న నయాగరా జలపాత విద్యుత్కేంద్రంలో అవాంతరం ఏర్పడి విద్యుత్ నిలిచిపోయింది. విద్యుదయస్కాంతంనుంచి బరువు జారి ఒక పనివాడి తలమీద విరగబడింది. ఇలాటి ప్రమాదాలు కలగకుండా చెయ్యటానికి విద్యుత్తు పొదుపు చెయ్యటానికి విద్యుదయస్కాంతాలకు ప్రత్యేకమైన సాధనాలు ఏర్పాటు చేశారు. విద్యుదయస్కాంతం బరువులను పైకి గుంజకోగానే దాని దిగువను ఏర్పాటు చేసిన బ్రహ్మాండమయిన ఉక్కు

పటకార్లు వాటిని పట్టేస్తాయి. తర్వాత ఆ పటకార్లే బరువును మోస్తాయి. బరువులను ఒక చోటనుంచి మరొక చోటికి చేర వేసే సమయంలో విద్యుత్ ప్రవాహం నిలిపి వేయబడు తుంది."

చిత్రాలు 92, 93 లో చూపబడిన విద్యుదయస్కాంతాలు $1^1/_2$ మీటర్ల అడ్డకొలత గలవి. ఒక్కొక్కటి 16 టన్నుల బరువు (ఒక గుడ్స్ వేగన్) ఎత్తగలవు. ఒక రోజల్లా



చిత్రం 92. ఇనుప పలకలను చేరవేసే విద్యుదయస్కాంతపు క్రేను.



చిత్రం 93. మేకుల పీపాను చేరవేసే విద్యుదయస్కాంతపు క్రేను.

పని చేస్తే ఒక్కొక్క అయస్కాంతమూ 600 టన్నులకు పైబడిన బరువులను చేరవేయ గలవు. తడవుకు 75 టన్నులు (ఒక రైలుబండి బరువు) ఎత్తగల విద్యుదయస్కాంతాలు కూడా వున్నాయి.

ఎర్రగా కాల్చిన ఇనుప కడ్డీలను ఇలా తీసుకుపోవడం చాలా సుకరంగా వుంటుందన్న సంగతి మీకు తట్టి వుండవచ్చు. అయితే యినుముకు అయస్కాంతపు గుణము ఉష్ణోగ్రతను దాటనంతవరకే వుంటుంది. ఎర్రగా కాల్చిన ఇనుములో అయస్కాంత గుణంపోతుంది. 800 సెం. డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రత అందుకున్న అయస్కాంతంలో అయస్కాంత గుణాలేవీ వుండవు.

యీనాడు లోహ పరిశ్రమలో విద్యుదయస్కాంతాన్ని విరివిగా వాడుతున్నారు. ఇనుము, ఉక్కు, దుక్క ఇనుము వస్తువులను కదలకుండా వుంచడానికి కదిలించడానికి వాటిని ఉపయోగిస్తున్నారు. పనులు సులువుగాను శీఘ్రంగానూ కొనసాగగలందులకు అసంఖ్యాకమయిన ఏక్సెసరీలు — చక్కులు, టేబుల్సు — అమలులో వున్నాయి.

# అయస్కాంతంతో గారడీ

ఒక్కొక్కప్పుడు గారడీవాళ్లు కూడా విద్యుదయస్కాంతాల శక్తిని వుపయోగిస్తారు. ఈ అదృశ్య శక్తి సహాయంతో చేసే ట్రిక్కులు ఎంత అమోఘంగా ఉంటాయో మనం ఊహించవచ్చు. ''విద్యుత్తు దాని ఉపయోగాలు'' అన్న ప్రసిద్ధ గ్రంథం రచించిన డేరీ ఒక సంఘటన వర్ణించాడు. అల్జీరియాలో తానిచ్చిన ప్రదర్శనం గురించి ఒక ఫ్రెంచి గారడీవాడు దాన్ని ఆయనకు చెప్పాడట. విద్యుత్తు గురించిన పరిజ్ఞానం లేని అక్కడి ప్రేక్షకులను ఆ ట్రిక్కు ఆశ్చర్య చకితులను చేసింది.

గారడీవాడిలా చెప్పాడు: ''స్టేజిమీద ఇనుపరేకు అంచులుగల ఒక చిన్న పెట్టెను పెట్టాను. పైన పట్టుకొనడానికి చేతిపట్టున్నది. ప్రేక్షకులలో మంచి బలశాలి అయిన వాణ్ణి పైకి రమ్మని ఆహ్వానించాను. సాధారణమైన ఎత్తూ మంచి శరీర సౌష్ఠవమూ గల అరబ్బు, స్థానికంగా వస్తాదుగా చలామణి అవుతున్నవాడు, పైకి వచ్చాడు. వాడు కొంటెగా నవ్వుకుంటూ ఉత్సాహంగా వచ్చి నాముందు నిలబడ్డాడు.

'' 'బలాఢ్యుడివేనా?' అని అతన్ని ఎగాదిగా చూస్తూ అడిగాను.

'' 'అవును' అన్నాడు.

'' 'నువ్వు ఎల్లప్పుడూ బలంగానే వుంటావా?'

'' 'నమ్మకంగా!'

'' 'పొరబాటు, ఒక్కక్షణంలో నీ బలమంతా పోగొట్టి పసిపిల్లవాడంత బలహీనంగా చెయ్యగలను!' అన్నాను.

''అరబ్బు నమ్మనట్టుగా ఇకిలించాడు.

'' 'ఇలా వచ్చి యీ పెట్టె ఎత్తు' అన్నాను.

''అరబ్బు వంగి పెట్టె పట్టుకుని ఎత్తి, 'ఇంతేనా?' అన్నాడు.

'' 'క్షణం ఆగు' అని నేను గంభీర ముద్ర ధరించి ఆజ్ఞాపిస్తూన్నట్టుగా చెయ్యిచాపి గాంభీర్యం ఉట్టి పడేలాగా,

'' 'నీవిప్పుడు ఆడదానికన్నా దుర్బలుడివి. ఆపెట్టెను ఇంకోసారి ఎత్తు!' అన్నాను.

''నా గారడీ అభినయాన్ని లక్ష్య పెట్టక అతను మరొకసారి వంగి పెట్టెను పట్టుకున్నాడు. కాని యీ సారి అది స్వాధీనానికి రాలేదు. అతనెంత తన్నుకున్నా అది నేలకు కరుచుకుపోయి కదలలేదు. అతను యావచ్ఛక్తిని వినియోగించాడు. అంత శ్రమ పడితే ఎంతో పెద్ద బరువును ఎత్తెయ్యవచ్చు. కాని ఏమీ ప్రయోజనం లేకపోయింది. అలిసిపోయి ఎగరొ

వ్వుతూ అవమానంతో ముఖం కందగడ్డలా చేసుకొని అతను విరమించాడు. అతనికి నా గారడీలో నమ్మకం కుదిరింది.''

ఆ గారడీలో పెద్దరహస్యమేమీలేదు. ఇనుము ఉంచిన ఆ పెట్టెను పెట్టిన స్థలం ఒక శక్తివంతమయిన విద్యుదయస్కాంతంయొక్క ధ్రువం. విద్యుత్ప్రవాహం లేనప్పుడు పెట్టె నెత్తటం తేలికే. కాని తీగచుట్టలోనుంచి విద్యుత్తు ప్రవహించనారంభించాక ముగ్గురు వస్తాదులు ఏకమయినా దాన్ని ఎత్తి ఉండలేకపోయేవారే.

# వ్యవసాయంలో అయస్కాంతం

వ్యవసాయంలో అయస్కాంతాలవల్ల కలిగే ప్రయోజనాలు మరింత చిత్రమయినవి. వాటి సహాయంతో ధాన్యంనుంచి కలుపు మొక్కల విత్తనాలను వేరు చేస్తారు. కలుపు మొక్కలవిత్తనాలకు నూగు వుండడంచేత అవి పక్కగా వెళ్లే పశువులకంటుకుని తల్లిమొక్కలనుంచి చాలా దూరం పోతాయి. కలుపు మొక్కల పరివ్యాప్తి నిమిత్తం అనంత కాలంగా ఏర్పడిన ఈ లక్షణాన్ని ఆధారం చేసుకుని అగిసె, సువాసన గడ్డి (క్లోవర్) అల్ఫాల్ఫా మొదలైన పంటల నునుపైన విత్తనాలనుంచి నూగుగల కలుపు విత్తనాలను అయస్కాంతంతో వేరు చేస్తారు. కలగలుపుగా ఉన్న విత్తనాలపైన అతి సూక్ష్మమైన ఆకురాయి పొడి చల్లినప్పుడు అది నూగు విత్తనాలకు అంటుకుంటుంది. తగినంత శక్తిగల విద్యుదయస్కాంతం సమీపంలోకి రాగానే, ఆకురాయి పొడికి అంటిన విత్తనాలు అయస్కాంతానికి అంటుకుపోతాయి.

# అయస్కాంత విమానం

యీ పుస్తకం ప్రారంభంలో ఫ్రెంచి రచయిత సిరానో డి బెర్జిరాక్ రచించిన ''చంద్ర సూర్య రాజ్యాల చరిత్ర'' గురించి ప్రస్తావించాను. అందులో ఆయన ఒక తమాషా అయిన విమానాన్ని వర్ణించాడు. అది పనిచేసే విధం అయస్కాంతాకర్షణ మీద ఆధారపడి ఉంది. ఆయన సృష్టించిన కథానాయకుడొకడు దాని సహాయంతో చంద్రమండలానికి వెళ్తాడు. కథనం ఇలా నడిచింది.

''నేను తేలికైన ఇనుప బండి చేయించాను. అందులో సుఖంగా కూర్చుని, ఒక అయస్కాంతపు గుండును ఎగురవేయ నారంభించాను. నా ఇనుప బండి దాని వెనుకగా పైకి

లేచింది. గుండు నన్ను లాగిన వేపు ఎగిరి గుండును చేరినప్పుడల్లా దాన్ని మరికొంత ఎత్తు ఎగరవేశాను. గుండును నా చేతితో ఎత్తి పట్టుకున్నప్పుడు కూడా దాన్ని చేరేందుకు బండి పైకి లేచింది. గుండును అలా ఎగరవేయగా, ఎగరవేయగా బండి పైకి లేచి పైకి లేచి ఒక ప్రాంతాన్ని చేరుకుని అక్కడనుంచి చంద్రుడి పైకి దిగనారంభించింది. ఆ సమయంలో నేను గుండును గట్టిగా పట్టుకుని వుండడంచేత బండి నన్ను వదలక గట్టిగా కరుచుకున్నది. దిగడంలో నడ్డి విరగకుండా ఉండగలందులకు గుండును కావలసిన విధంగా ఎగురవేసి దాని ఆకర్షణవల్ల బండి దిగే వేగాన్ని తగ్గించాను. చంద్రుని ఉపరితలం ఇంకా 6, 7 వందల గజాల దూరంలో ఉందనగా నేను గుండును బండి దిగే మార్గానికి సమకోణంలో ఎగరవేస్తూ చంద్రుడి దగ్గర పడగానే కింద ఉన్న యిసుకలోకి దూకి నెమ్మదిగా దిగేశాను.''

ఈ ఎగిరే బండి బొత్తిగా అసంగతమని సిరానో డి బెర్జిరాక్‌కే కాదు ప్రతి ఒక్కరికీ తెలుస్తుంది. కాని ఎందుకు అసంగతమో చెప్పమంటే చాలామంది చెప్పలేరేమో అనుకుంటాను. ఇనుప బండిలో కూర్చుని సూదంటురాయిని ఎగర వెయ్యటం సాధ్యం కాదనా? సూదంటురాయి బండిని ఆకర్షించదనా? మరొక కారణం చేతనా?

సూదంటురాయిని ఎగరవేయడమూ సాధ్యమే అది తగినంత శక్తిగలదయితే బండిని ఆకర్షించటమూ సాధ్యమే. అయినప్పటికీ యీ విమానం అంగుళం కూడా పైకి లేవదు.

మీరు బోటులోనుంచి ఒడ్డుకు బరువైన వస్తువులేవైనా విసరివేశారా? మీరు బోటు ఒడ్డుకు దూరంగా కదలటం తప్పకుండా గమనించే ఉంటారు. మీ కండరాలు వస్తువును ఒక దిక్కుగా విసరడానికి శక్తిని ప్రయోగించేటప్పుడు అదే సమయంలో మీ శరీరాన్ని, బోటునూ వెనక్కు తోస్తాయి. క్రియా, ప్రతిక్రియా ఒకదానికొకటి సమంగా ఉంటాయన్న సూత్రాన్ని మనం లోగడ అనేక పర్యాయాలు చర్చించే వున్నాం. ఆ సూత్రానికిది ఒక తార్కాణం. సూదంటురాయిని పైకి విసరినప్పుడు కూడా ఇదే జరుగుతుంది. బండిలో వున్నవాడు సూదంటురాయి గుండును పైకి విసరినప్పుడు అతను విధిగా బండిని కిందికి విసరదొక్కుతాడు. (బండిచేత ఆకర్షింపబడే సూదంటురాతి గుండును పైకి ఎగురవెయ్యటం మరింత కష్టం కూడాను.) పరస్పరాకర్షణవల్ల గుండు, బండి దగ్గర పడినప్పుడు అవి మొదటున్న చోటికే వస్తాయి. కనక బండికి అసలు బరువే లేకపోయినప్పటికీ సూదంటురాతి గుండును ఎగుర వెయ్యటంవల్ల బండి ఒక నిర్దిష్టస్థానంలో పైకి కిందకి ఆడుతుందే తప్ప ఋజు మార్గంలో కదిలి వెళ్లదన్నది స్పష్టం.

సిరానో డి బెర్జిరాక్ 17 వ శతాబ్దంలో యీ పుస్తకం రాసిన నాటికి క్రియా ప్రతిక్రియా సూత్రం యింకా తెలియదు. అందుచేత ఆ ఫ్రెంచి హాస్యకారుడికి తన చమత్కార పథకం ఎందుకు అసంగతమో స్పష్టంగా తెలిసి వుండక పోవచ్చు.

# "మహమ్మదు గోరీ"

ఒకనాడు ఒక విద్యుదయస్కాంతపు క్రేన్ పనిచేస్తూండగా ఒక తమాషా జరిగింది. అది ఒక బరువైన యినుప గుండును ఆకర్షించటం ఒక పనివాడు చూశాడు. ఆ గుండుకొక ఆట్టే పొడుగులేని ఇనుప గొలుసు కట్టి వున్నది. గొలుసు రెండవ చివర నేలకు తాపడం చేసి వున్నది. గొలుసు మూలాన గుండు అయస్కాంతాన్ని తాక లేకపోయింది. రెంటికీ మధ్య అరచేతి వెడల్పంత ఎడం ఉండిపోయింది. నిట్టనిలువుగా నిలబడి వున్న గొలుసు చివర ఇనుప గుండు తేలుతూ వుండటం అతి విడ్డూరమయిన దృశ్యం. పనివాడు గొలుసు పట్టుకుని ఎక్కినప్పటికీ గొలుసు నిలువుగానే ఉన్నది.* ఆ సమాయానికి అక్కడేవున్న ఫొటోగ్రాఫరు అవకాశాన్ని జారవిడవకుండా ఈ తమాషా అయిన దృశ్యాన్ని ఫొటో తీశాడు. మహమ్మదు ప్రవక్తయొక్క గోరీని గురించి చెప్పినట్టుగా గాలిలో వేళాడుతున్న ఈ మనిషి బొమ్మ చిత్రం 94 లో చూపబడినది.

సందర్భావశాన యీ గోరీని గురించి రెండు ముక్కలు చెప్పవలసి వుంది. ప్రవక్తగారి గోరీ ఏ ఆధారం లేకుండా నేలకీ కప్పుకీ మధ్య గాలిలో తేలి ఉన్నట్టు ఇస్లాము మతస్థులు నమ్ముతారు.

ఇది సాధ్యమేనా?

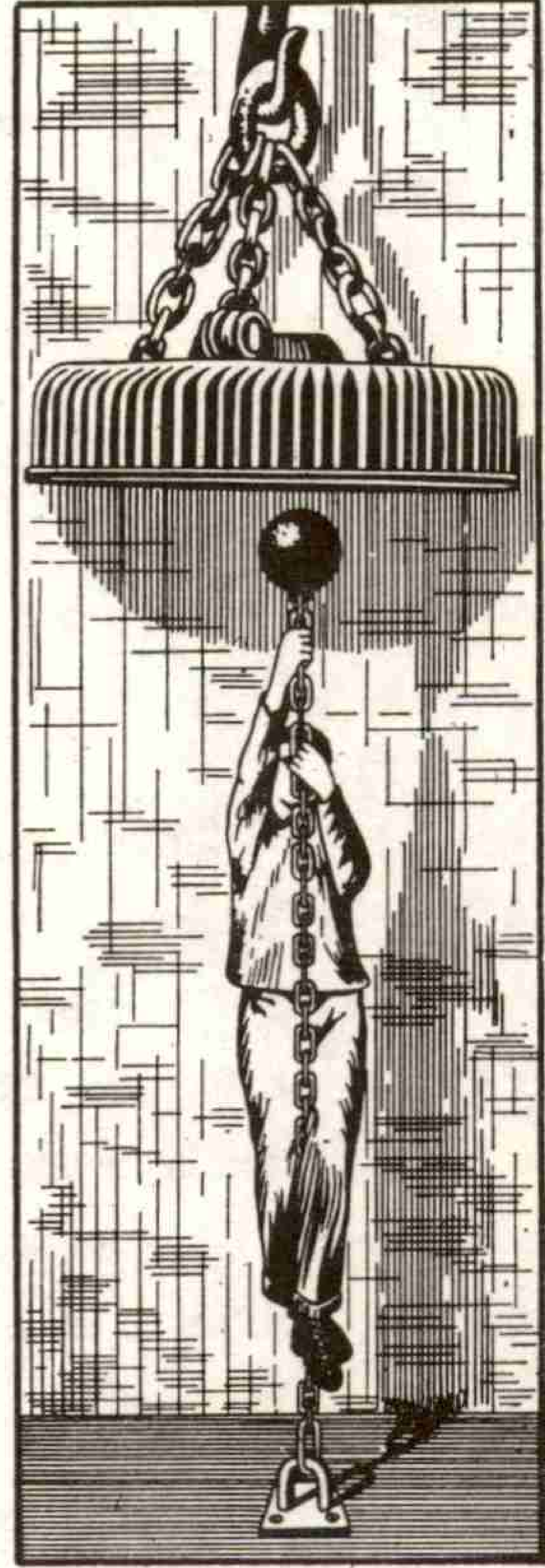
"వివిధ భౌతిక పదార్థాల గురించి ఉత్తరాలు" అనే రచనలో ఒయ్‌లర్ ఇలా రాశాడు: "మహమ్మదుయొక్క గోరీని ఏదో అయస్కాంత శక్తి పట్టి ఉంచిందా అన్నట్టు చెబుతారు. ఇది అసాధ్యమని అనిపించదు, ఎంచేతంటే 100 పౌ. వరకూ గల బరువును ఎత్తగల అయస్కాంతాలు మనుష్య కృత్యమైనవి ఉన్నాయి."**

---

* దీనిని బట్టి విద్యుదయస్కాంతంయొక్క ఆకర్షణ శక్తి ఎంత మహత్తరమయినదీ మనం ఊహించవచ్చు. ఎందుచేతనంటే అయస్కాంతానికీ అది ఆకర్షించే వస్తువుకూ మధ్య దూరం ఎక్కువ అవుతున్నకొద్దీ దాని ఆకర్షణశక్తి బలహీనం అవుతుంది. 100 గ్రాముల బరువును అంటి పట్టుకోగల గుర్రపునాడా అయస్కాంతం దానికీ బరువుకూ మధ్య కాగితం అడ్డుపెడితే చాలు తన ఆకర్షణశక్తి సగం కోల్పోతుంది. అందుకే రంగు తుప్పుపట్టకుండా చేసేదైనప్పటికీ అయస్కాంతం కొసలకెన్నడూ రంగువెయ్యరు.

** విద్యుదయస్కాంతాలు తెలియని కాలంలో (1774 లో) వ్రాసిన మాటలివి.

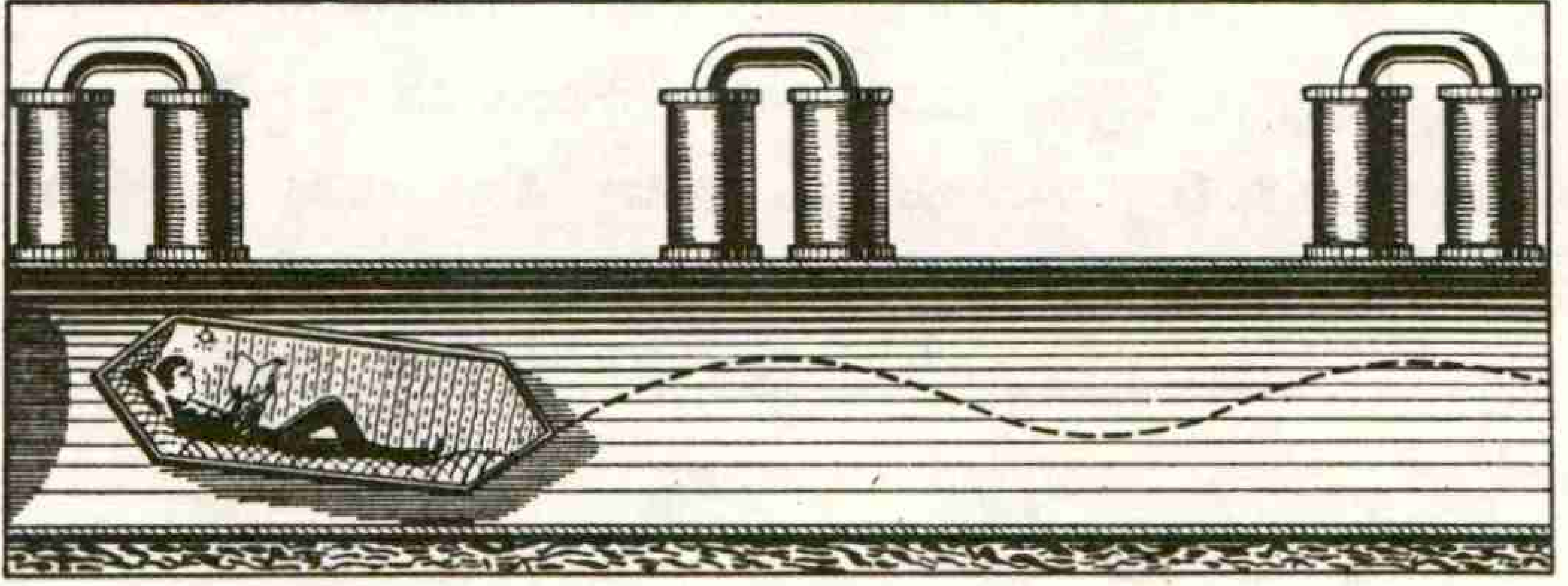
ఇటువంటి విశదీకరణ ప్రతిపాదనీయం కాదు. పైన చెప్పిన విధంగా (అంటే అయస్కాంతపు ఆకర్షణ నుపయోగించి) సాధించబడిన నిశ్చలస్థితి క్షణంపాటే వుంటుంది. ఎందుకంటే ఏపాటి సంచలనం కలిగినా చిన్న గాలితెర వీచినా నిశ్చలతకు భంగం కలిగి శవపేటిక కింద పడిపోవడమో లేక లేచి కప్పుకు కరుచుకుపోవడమో జరుగుతుంది. శంకును దాని మొనపై నిలబెట్టటం సిద్ధాంతరీత్యా సాధ్యమే అయినా ఆచారంలో ఎంత దుస్సాధ్యమో శవపేటికను నిశ్చలంగా ఉంచడం కూడా అంత అసాధ్యమే.



చిత్రం 94. గుండుతోసహా గొలుసు నిటారుగా పైకి లేచింది.

అయితే మహమ్మదుగారి గోరీ లాటి దృగ్విషయాన్ని అయస్కాంతం సహాయంతో కల్పన చెయ్యడం సాధ్యమే. కాని అందుకొరకు మనం ఉపయోగించ వలసినది పరస్పరాకర్షణ కాదు. వికర్షణ. (భౌతికశాస్త్రాన్ని నిన్నకాక మొన్న చదివిన వారు సైతం అయస్కాంతాలకు ఆకర్షణశక్తే కాక వికర్షణశక్తి కూడా ఉన్న సంగతి మరవడం జరుగుతూ వుంటుంది.) అయస్కాంతాల సమధ్రువాలమధ్య వికర్షణ వుంటుంది. రెండు అయస్కాంత దండాలను వాటి సమధ్రువాలు ఒక దానిపై ఒకటి ఉండేటట్టు ఉంచినట్టయితే ఒకదాన్నొకటి వికర్షించుకుంటాయి. మీది అయస్కాంతాన్ని తగిన బరువుగలదిగా ఎంచుకున్నట్టయితే అది రెండో అయస్కాంతానికి తగలకుండా దాని ఎగువన గాలిలో నిశ్చలంగా నిలబడి ఉండేలాగ చేయవచ్చు. అప్పటికీ తేలి వున్న అయస్కాంతం పక్కకి జరిగిపోకుండా అనయస్కాంతపు పోటులు ఉదాహరణకు గాజువి, ఏర్పాటు చెయ్యవలసి వుంటుంది. ఇన్నిషరతులూ ఒనగూడితే ముస్లిము పురాణాల మహమ్మదు గోరీ గాలిలో తేలి ఉండ గలదు.

ఇంతేకాదు, కదిలే వస్తువు విషయంలో అయితే పైన చెప్పిన దాన్ని అయస్కాంత ఆకర్షణ ద్వారా కూడా సాధింప వచ్చు. ఆమాటకు వస్తే యీ ప్రాథమిక సూత్రం



చిత్రం 95. ప్రొఫెసర్ వైన్‌బెర్గ్ పథకంలో ఘర్షణలేని రైలు మార్గం.

పైననే ప్రొఫెసరు బి. పి. వైన్‌బెర్గ్ అనే సోవియట్ భౌతిక శాస్త్రవేత్త "ఘర్షణ రహితమైన" రైల్వేకు ఒక అద్భుతపథకం (చిత్రం 95) సూచించాడు. అది తెలుసుకోదగిన దన్న అభిప్రాయంలో దాన్ని గురించి వివరించ సాహసిస్తున్నాను.

## విద్యుదయస్కాంత ప్రయాణం

ప్రొ. వైన్‌బెర్గ్ పథకంలో రైలు పెట్టెలకు బరువుండదు. విద్యుదయస్కాంతాకర్షణ వాటి బరువును రద్దుచేసేస్తుంది. ఈ పథకం ప్రకారం అవి పట్టాలమీద పరిగెత్తవు, నీటిలో నడవవు, గాలిలో తేలవు అంటే మీరు ఆశ్చర్యపడకండి. కంటికి కనబడని అయస్కాంతాకర్షణ సూత్రాలకు కట్టుబడి ఏ ఆధారమూ లేకుండా దేనికీ తగలకుండా ఎగురుతాయి. అవి ఘర్షణ అన్నది ఏమీ లేకుండా ఒక్కసారి కదిలాయంటే ఇనర్షియావల్ల నడుస్తూనే ఉంటాయి. వాటిని లాగడానికి ఇంజను అవసరం లేదు.

ఇలాటి రైలు యీవిధంగా పనిచేస్తుంది. పెట్టెలను ఒక రాగి గొట్టంలో ఉంచి, వాటి గమనానికి నిరోధం లేకుండ ఉండేందుకు గొట్టంనుంచి గాలి పూర్తిగా తీసేస్తారు. విద్యుదయస్కాంతపు శక్తివల్ల పెట్టెలు గొట్టపు గోడలకి తగలవు కనుక వాటి అడుగులకీ గొట్టపు నేలకీ మధ్య ఏవిధమయిన ఘర్షణా ఉండదు. దీనికిగాను గొట్టానికి ఎగువగా నిర్దిష్టమైన అంతరాలలో శక్తివంతమైన విద్యుదయస్కాంతాలు ఏర్పాటు చేస్తారు. అవి గొట్టంలో కదిలే ఇనప పెట్టెలను ఆకర్షించి వాటిని పడకుండ చేస్తాయి. అయస్కాంతాల శక్తిని సమంగా లెక్కగా ఇనుపపెట్టె నేలకీ, కప్పుకీ తగలక వాటి మధ్యన ఉండేటట్టు ఉంచుతారు. తన దిగువగా వెళ్లే వాహనాన్ని విద్యుదయస్కాంతం పైకి ఆకర్షిస్తుంది. కాని అది

కప్పుకు తాకే లోపుగా భూమియొక్క గురుత్వాకర్షణశక్తి దాన్ని కిందకి లాగుతుంది. యీ లోగా అవతలి విద్యుదయస్కాంతం దాన్ని ఎగువకు ఆకర్షిస్తుంది. వాహనం ''నేలను'' తాకే అవకాశం ఉండదు. యీవిధంగా వాహనం తరంగాకృతిగల దారి వెంట ఘర్షణమూ, కుదుపూ లేకుండా ముందుకు సాగిపోతుంది. ఆకాశంలో గ్రహాలు నడిచినట్టుగానే వాహనాలు శూన్యంలో నడుస్తాయి.

వాహనాలు జెప్పెలిన్ లాటి సిలిండర్ల ఆకారంలో 2.5 మీటర్ల నిడివి, 90 సెంటి మీటర్ల ఎత్తూ ఉంటాయి. అవి సూన్యంలో నడవాలి కనుక వాయుదుర్భేద్యంగా ఉండి తీరాలి. సబ్మెరీనులలోలాగే గాలిని పునరుద్ధరించే సాధన సామగ్రి వాటిలో ఉంటుంది. అవి బయలుదేరే పద్ధతి చాలా కొత్తగా ఉండి ఫిరంగి గుండు బయలుదేరడాన్ని పోలి ఉంటుంది. నిజానికి అవి ఫిరంగి గుండ్లలాగ ముందుకు దూసుకుపోతాయి. తేడా అల్లా ఏమంటే ఇక్కడ ఫిరంగులకు బదులు విద్యుదయస్కాంతా లుంటాయి. సోలినాయిడ్ విద్యుత్ ప్రేరితమైనప్పుడు ఇనుప కడ్డీని లోపలికి ఆకర్షించే సూత్రంపైన అవి పనిచేస్తాయి. (సిలిండరు ఆకారంగల తీగ చుట్టను సోలినాయిడ్ అంటారు.) తీగ చుట్ట ఎంత పెద్దదిగా ఉంటే, విద్యుత్ ప్రవాహం ఎంత శక్తివంతంగా ఉంటే అంత వేగంతో ఇనప కడ్డీ ఆకర్షించబడుతుంది. యీ శక్తిచేతనే వాహనాలు ముందుకు దూసుకుపోతాయి. వాటికి వాయు నిరోధంగాని ఘర్షణంగాని ఉండదు గనుక ఇనర్షియావల్ల వాటి వేగం తగ్గకుండా ఉంటుంది. గమ్యస్థానం చేరగానే అక్కడి సోలినాయిడ్ వాటిని నిలిపి వేస్తుంది.

యీ పథకాన్ని సృష్టించిన వాడు చెప్పిన వివరాలు కొన్ని:

''తోమ్స్క్ టెక్నాలజీ ఇన్స్టిట్యూట్ తాలూకు ఫిజిక్సు లేబరెటరీలో నేను 1911, 1913 మధ్య చేసిన ప్రయోగాలలో, పైన విద్యుదయస్కాంతాలు అమర్చబడిన 32 సెం. మీ. వ్యాసంగల రాగిగొట్టము 10 కిలోగ్రాముల బరువుగల పెట్టె ఉపయోగించాను. పెట్టె ఒక యినుపగొట్టం. దాని ముందుభాగాన ముక్కులాగ సూచ్యాగ్రము ఏర్పాటుచేసి గొట్టానికి ముందు వెనుక చక్రాలు అమర్చాను. అది ఆగవలసిన చోట దాని ముక్కు ఒక చెక్కబల్లలోకి గుచ్చుకుంటుంది. చెక్క బల్లకు తోడుగా ఇసుక బస్తా కూడా ఉంచాను. రాగి గొట్టం 6.5 మీటర్ల వ్యాసంగల వలయం కావడంచేత, చోట చాలనందువల్లను పెట్టె యొక్క వేగం గంటకు 6 కిలోమీటర్ల కన్నా పైకి వెళ్లలేదు. కాని 3 మైళ్ల సోలినాయిడ్ ఏర్పాటు చేసినట్టయితే గంటకు 800–1,000 కిలోమీటర్ల ఆరంభవేగాన్ని కలిగించి ఘర్షణం ఉండదు గనుక చివరదాకా ఉండేలాగు చెయ్యవచ్చు.

''ఇలాటి రైలు మార్గం, ముఖ్యంగా రాగి గొట్టం, ఖర్చుతో కూడుకున్నది. అయితే ఆరంభ వేగాన్ని నిలబెట్టి ఉంచడానికి శక్తి కొరకు, డ్రైవర్లు, కండక్టర్లు మొదలయిన

వాళ్లకు ఖర్చుపెట్టనవసరం ఉండదు. ఖర్చులు కిలోమీటరకు కోపెక్‌లో 1,2 శతాంశాలో కొన్ని సహస్రాంశాలో ఉంటుంది. జంట గొట్టాలతో రైలు మార్గం ఏర్పాటు చేసినట్టయితే రోజుకి ఒక దిశలో 15 వేలమంది ప్రయాణీకులను గాని 10 వేల టన్నుల సరుకును గాని రవాణా చేయవచ్చు."

## భూవాసులతో అంగారకేయుల యుద్ధతంత్రం

ఇండియాలో ఎక్కడో సముద్ర వొడ్డున ఒక అయస్కాంతపు అగ్రగం ఉండేదని అది ఇనుప వస్తువులను బలంగా ఆకర్షించేదని తన కాలంలో ఒక కథ చెప్పుకున్నట్టు పురాతన రోమ్ నగరపు ప్రకృతి విజ్ఞాని ప్లినీ చెప్పాడు. దురదృష్టవశాన ఏ ఓడగాని దాని సమీపంగా వెళ్లినట్టయితే దానిలోని మేకులు, స్క్రూలు ఇనుప సరుకంతా లాగబడి ఓడ ఎక్కడికక్కడ ఊడివచ్చి సర్వనాశనమయ్యేదట.

కాలక్రమేన యీ కథ అరేబియన్ నైట్సు కథలలో ఒకటిగా చేరిపోయింది.

ఇది కేవలమూ కట్టుకథ మాత్రమే. అయస్కాంత పర్వతాలు అనగా అయస్కాంత ఖనిజం విశేషంగాగల కొండలు లేకపోలేదు. ఉరాల్ పర్వతాలలోని ప్రసిద్ధమైన మగ్నీత్నయ పర్వతం* జ్ఞాపకం తెచ్చుకోండి. ఇప్పుడక్కడ మగ్నీతొగోర్‌స్క్ తాలూకు బ్లాస్టు ఫర్నేసులు (యినుము కరిగించే బట్టీలు) ఉన్నాయి. అయితే అలాటి పర్వతాలకుగల ఆకర్షణశక్తి చాలా స్వల్పమైనది. ప్లినీ వర్ణించినటువంటి కొండ గాని అగ్రం కాని ప్రపంచం మొత్తంమీద ఎక్కడా లేదు.

యీనాడు మనం ఉక్కుతోను యినుముతోను చేసిన భాగాలు లేకుండా నౌకను నిర్మిస్తున్నామంటే అందుకు కారణం అయస్కాంత శిలలంటే భయంకాదు. భౌమాయస్కాంతత్వ పరిశోధనల సౌకర్యం నిమిత్తమే.

1957–59 లో జరిగిన అంతర్జాతీయ భూభౌతిక వైజ్ఞానిక పరిశోధనంలో పాల్గొన్న "జర్యా" అనే సోవియట్ నౌక ఉక్కు ఇనుములకు మారుగా పూర్తిగా రాగి కంచు అల్యూమినియం మొదలుగాగల అనయస్కాంత పదార్థాలతో నిర్మించబడింది.

కుర్ట్ లాస్విట్జ్ అనే సైన్సు కథల నవలాకారుడు "రెండు గ్రహాలు" అన్న నవలలో భూలోకంమీదకి దండెత్తిన అంగారక వాసులు భూలోక వాసులను జయించడానికి ఉపయోగించిన అఖండాస్త్రాన్ని ప్లినీ చెప్పిన కథ ఆధారంపైన కల్పన చేశాడు. యీ అయస్కాంత

* "మగ్నీత్నయ" అంటే రష్యన్ భాషలో "అయస్కాంతపు" అన్నమాట. — అను.

లేక విద్యుదయస్కాంత సాధనంతో అంగారకేయులు భూలోక సేనలతో యుద్ధం చెయ్యకుండానే వారిని నిరాయుధీకరించ గలుగుతారు. యుద్ధం తాలూకు వివరాలివి:

''అశ్వికులు కళ్లు జిగేలు మనిపిస్తూ ముందుకు వచ్చారు. ఆత్మత్యాగ పూరితమైన వారి దీక్షకు ఫలితంగా ఘోర శత్రువుకు (అంగారకేయులకు) అపజయం సంప్రాప్త మయినట్టే కనబడింది. శత్రు విమానాలలో కలవరం కలిగింది. అవి తిరోగమించ నున్నట్టుగా ఆకాశంలోకి లేచాయి.

''కాని ఆక్షణంలోనే ఒక నల్లని ఆచ్ఛాదనిలాంటిది రణరంగానికి ఎదురుగా విస్తరించుకుంటూ దిగి రాసాగింది. బట్ట మడత విప్పినట్టుగా అది విస్తరించింది. దాని చుట్టూ విమానాలున్నాయి. మొదటి ఆశ్విక దళం ఆ వింత యంత్రం కిందకు రాగానే అతి శీఘ్రంగా ఘోరం జరిగిపోయింది. హాహాకారాలు కర్ణకఠోరంగా చెలరేగాయి. అశ్వాలు పడిపోయాయి; రౌతులు పడ్డారు, యీటెలు, కత్తులు పొట్టి తుపాకులు గలగలా చప్పుడు చేసుకుంటూ తుట్టెలు తుట్టెలుగా గాలిలోకి లేచిపోయి ఆవింత యంత్రానికి అంటుకుపోయాయి.

''తరవాత ఆయంత్రం కొంచెంగా పక్కకు తిరిగింది. అది పోగుచేసిన యినుమంతా నేలపై రాలిపోయింది. అది రెండు సారులు తిరిగి వచ్చి యుద్ధరంగాన్ని గల ప్రతిఒక ఆయుధాన్ని సంగ్రహించినట్టు కనపడింది. అశ్వ సైనికులలో ఒక్కడయినా ఒక కత్తిగాని యీటెగాని దక్కించుకోలేక పోయాడు.

''ఈ యంత్రం అంగారకేయులు కొత్తగా సృష్టించినది. అది నిరవరోధ శక్తితో ప్రతి ఇనుప వస్తువునూ ఉక్కు వస్తువునూ ఆకర్షించింది. శత్రువుకు ఎలాటి అపాయము కలిగించకుండా వారిని నిరాయుధులను చేయడానికి అంగారకేయులు యీ గాలిలో పరుచుకునే అయస్కాంతాన్ని వినియోగించారు.

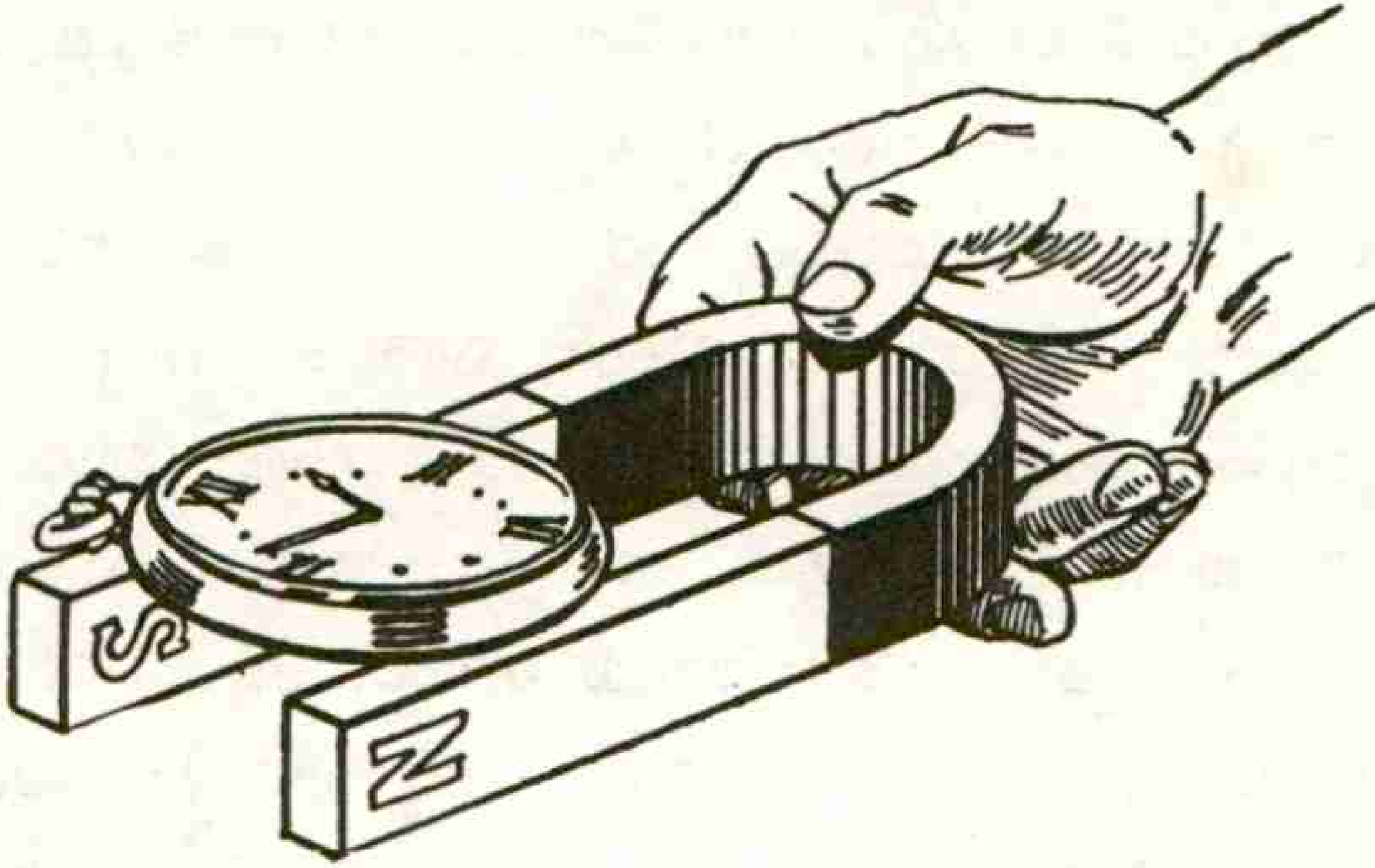
''ఈ గాలిలో తేలే అయస్కాంతం కాల్బల శ్రేణులకేసి తేలిపోయింది. సైనికులు తమ తుపాకులను గట్టిగా పట్టుకొని ప్రయోజనం లేకపోయింది. అడ్డరాని అదృశ్య శక్తి వాటిని వారి చేతులనుంచి గుంజివేసింది. ఆయుధాలను మరీ గట్టిగా పట్టుకుని వదలిపెట్టని వాళ్లు గాలిలోకి లేచారు. కొద్ది నిమిషాలలోనే మొదటి దళము నిరాయుధమయింది. ఆతర్వాత ఆ యంత్రం నగరంలో మార్చిచేస్తున్న దళాలకేసి దౌడు తీసింది.— అదే పని చెయ్యడానికి. శతఘ్ని దళాలకు అదే గతి పట్టింది.''

## గడియారాలు, అయస్కాంతత్వము

అయస్కాంత శక్తియొక్క ప్రభావంనుంచి రక్షించుకోవడం సాధ్యం కాదా, ఆ శక్తి చొరలేని వస్తువును దేనినైనా అడ్డుపెట్టుకోలేమా? అని ప్రశ్నించాలని పై పేరా చదివినతర్వాత

మీకు అనిపించడం సహజం. అలాంటిది సాధ్యమే సరి అయిన చర్యలు తీసుకొని ఉన్నట్టయితే అంగారకేయులు సృష్టించిన వింత యంత్రం విఫలమై ఉండేదే.

చిత్రమేమంటే అయస్కాంత శక్తులు ఛేదించలేని పదార్థం మరేదికాదు. అతి సులువుగా అయస్కాంతత్వం పొందగల యినుమే! యినుప వలయంలో పల ఉన్న దిక్సూచి వలయం వెలుపల ఉండే అయస్కాంతంయొక్క ప్రభావానికి తిరిగిపోదు.




చిత్రం 96. గడియారంలోని ఉక్కు భాగాలకు అయస్కాంతత కలుగకుండా కాపాడేది ఏమిటి?

ఇనుప కేసులో ఉంచినట్టయితే చేతివాచీ ఉక్కు యంత్రభాగాన్ని అయస్కాంత శక్తులనుంచి రక్షించవచ్చు. శక్తివంతమైన గుర్రపు నాడా ఆకారపు అయస్కాంతముయొక్క ధ్రువాలమీద బంగారు గడియారాన్ని ఉంచినట్టయితే దానిలోని ఉక్కు భాగాలన్నీ ముఖ్యంగా వెంట్రుకంత సన్నంగా బేలెన్సర్ దగ్గరుండే స్ప్రింగు అయస్కాంతత్వం పొందుతాయి.* అటుపైన గడియారం సరిగా నడవదు. అయస్కాంతాన్ని తొలగించినప్పటికీ గడియారం బాగుకాదు. ఉక్కు భాగాలు అయస్కాంతత్వాన్ని విడిచిపెట్టవు. గడియారాన్ని మొదటునుంచీ మరమ్మతు చేసుకు రావాలి. యంత్రభాగాల్ని చాలావరకు మార్చి కొత్తవి పెట్టాలి. అందుచేత బంగారు గడియారంతో ఇలాంటి ప్రయోగం చేసి చూడకండి. నష్టపోగలరు.

అయితే యినుముతోగాని ఉక్కుతోగాని చేసిన కేసుగల గడియారంతో యీ ప్రయోగం నిర్భయంగా చెయ్యవచ్చు. ఎందుకంటే యీ రెండులోహాలు అయస్కాంత శక్తిని నిరోధించ

---

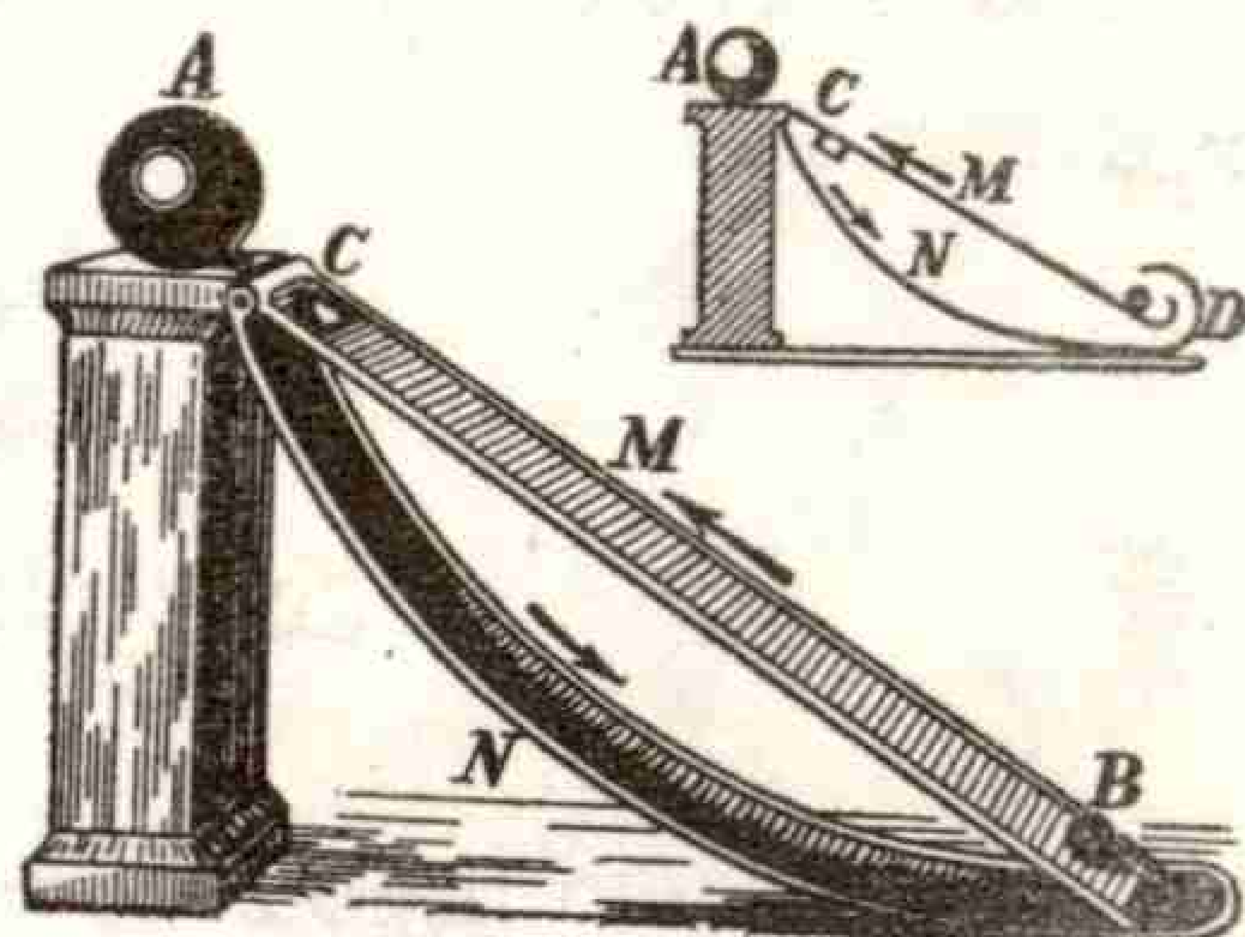
* ఈ స్ప్రింగును ఇన్‌వార్ అనే మిశ్రలోహంతో చేసినట్టయితే ఆ మిశ్రలోహంలో చేరినవి యినుము, నికెలు అయినప్పటికీ దానికి అయస్కాంతత్వము సంక్రమించదు.

గలవు. అలాటి గడియారాన్ని తీసుకుపోయి శక్తివంతమైన డైనమో తాలూకు కాయిల్‌వద్ద ఉంచినా అది ఎప్పటిలా ఆడుతూ ఉంటుంది. ఎలక్ట్రికల్ ఇంజనీర్లు, టెక్నీషియనులు ఉపయోగించడానికి యినుప కేసులుగల చౌకగడియారాలు ప్రశస్తమైనవి, వెండి, బంగారపు వాచీలు అయస్కాంత ప్రభావంవల్ల పాడై పోతాయి.

## అయస్కాంత "శాశ్వత చలన" యంత్రం

"శాశ్వత చలన" యంత్రాలను సృష్టించడానికి జరిగిన ప్రయత్నాలలో అయస్కాంతాలు ఘనమైన ప్రాముఖ్యాన్నే పొందేయనాలి. అభాగ్యులైన శాశ్వతచలన స్రష్టలు విజయసాధనకు అయస్కాంతాన్ని ఉపయోగించడానికి శాయశక్తులా యత్నించారు. అలాటి మెకానిజముల పథకాలలో ఇదొకటి. (చెస్టరుకు బిషపుగా ఉండిన జాన్ విల్కెన్స్ అనే ఆయన 17 వ శతాబ్దిలో దీనిని వివరించాడు.)

*A* అనే శక్తివంతమైన అయస్కాంతాన్ని ఒక స్తంభంపై ఉంచాలి (చిత్రం 97). *M*, *N* అనే గాడులు స్తంభానికి ఏటవాలుగా ఒకదానికొకటి దిగువగా చేర్చి ఉంటాయి. ఎగువగా ఉండే *M* అనే గాడిలో పై భాగాన *C* అనే రంధ్రం ఉంటుంది. *N* అనే గాడి వర్తులంగా ఉంటుంది. యీ పథకాన్ని సృష్టించినవాడి అంచనా ఏమంటే *M* అనే గాడిలో *B* అనే చిన్న ఇనపగుండును ఉంచినట్టయితే *A* అనే అయస్కాంతాకర్షణవల్ల అది పైకి దొర్లిపోయి రంధ్రం చేరగానే అందులోనుంచి దిగువగాడిలో పడి కిందికి దొర్లి ఈ గాడియొక్క *D* అనే వంపు వెంబడి పైకెక్కి *M* అనే గాడిని చేరుకుని తిరిగి అయస్కాంతంచేత ఆకర్షించబడి మళ్లీ పైకి పోయి మళ్లీ రంధ్రంలోనుంచి పడి, ఇలా ఆగకుండా ముందుకీ వెనక్కీ తిరుగుతూనే ఉండాలి. ఇలా జరిగితే "శాశ్వత చలనం" సాధ్యమవుతుందని ఉద్దేశం.




చిత్రం 97. మోసపు "శాశ్వత చలన" యంత్రం.

యీ పథకం ఆలోచించినవాడు ఎక్కడ పప్పులో కాలువేశాడు?

అతను పడిన పొరపాటును మనం సులువుగానే పట్టుకోవచ్చును. *N* అనే గాడి వెంబడి దిగివచ్చిన ఇనపగుండుకు *D* వద్ద ఉన్న వంపు వెంబడి పైకెక్కగలిగినంత వేగం ఉంటుందని అతనెందుకనుకోవలసి వచ్చింది? ఇనపగుండు కేవలమూ గురుత్వాకర్షణ ఫలి

తంగా కిందికి దొర్లినట్టయితే అలా జరిగేది: అప్పుడది వేగవృద్ధితో దొర్లేది. కాని ఇక్కడ మరొక శక్తి, అయస్కాంతాకర్షణ కూడా ఉన్నది. లెక్కప్రకారం అది ఎంత బలమైనదంటే, దాని ప్రభావంతో ఆగుండు $B$ నుంచి $C$ దాకా ఎక్కి రాగలదు. అందుచేత ఇనపగుండు $N$ అనే గాడి వెంబడి కిందికి దిగేటప్పుడు దానికి వేగవృద్ధి ఉండదు. మీదుమిక్కిలి దాని వేగం తగ్గుతూ వస్తుంది. ఒకవేళ అట్టడుగుకు చేరగలిగినా తిరిగి వంపు వెంబడి ఎక్కడానికి సరిపోయే వేగం దానికి ఉండదు.

ఇదేపథకాన్ని చిల్లర మార్పులతో అనేకమంది అప్పుడప్పుడు ప్రకటిస్తూ వచ్చారు. ఆశ్చర్యమేమంటే ఒక పథకానికి పేటెంటు కూడా లభించింది. ఇది జరిగినది జర్మనీలో 1878 లో. అంటే శక్తి నిత్యతా సిద్ధాంతం ప్రకటితమైన 30 ఏళ్లకు! ప్రకృతినియమాలకు విరుద్ధమైన సూత్రాలపైన ఆధారపడే పథకాలకు పేటెంటు ఇవ్వబడదన్న నియమము వున్నప్పటికీ పథకాన్ని తయారు చేసినవాడు తన "అయస్కాంత శాశ్వతచలన యంత్రానికి" ఆధారభూతమైన అనర్థకమైన సూత్రాన్ని తెలివిగా కప్పిపెట్టి, పేటెంటు అధికారులను మభ్యపెట్టగలిగాడు. అపూర్వంగా లభించిన యీ పేటెంటును సంపాదించుకున్నవాడు త్వరలోనే మేలుకొని ఉంటాడు. ఎందుకంటే రెండేళ్ల అనంతరం అతను పేటెంటు సుంకం చెల్లించడం మానేశాడు. ఇప్పుడు దాన్ని ఎవరైనా వాడుక చెయ్యవచ్చు. కాని అది ఎవరికీ అక్కర లేనిది.

## మ్యూజియం సమస్య

మ్యూజియంలోని నిపుణులు తరచు పురాతన గ్రంథాలను పరిశీలించవలసి ఉంటుంది. యీ గ్రంథాలు సాధారణంగా ఎలాటి స్థితిలో ఉంటాయంటే వాటిలోని పేజీలను వేరు చెయ్యడానికి ఎంత శ్రద్ధగా ప్రయత్నించినా అవి విరిగి పోతాయి, చినిగి పోతాయి. అటువంటి పేజీలను ఎలా విడదీయడం?

ఇలాటి సమస్యలను పరిష్కారం చెయ్యడానికి సోవియట్ సైన్సు అకాడమీలో పురాతన పత్రాల సముద్ధరణ శాఖ ఒకటి ఉన్నది. పైన చెప్పబడిన సమస్యని పరిష్కరించేందుకు ఈ శాఖవారు విద్యుత్తును ఉపయోగిస్తారు. ప్రాచీనగ్రంథాన్ని విద్యుదీకరిస్తారు. పక్కపక్క నున్న పేజీలకు ఒకే రకమైన విద్యుత్తు లభించి వాటి మధ్య వికర్షణ ఏర్పడడంచేత అవి చినగకుండా వేరైపోతాయి. ఆ తరవాత చేయి తిరిగిన వాళ్ళు ఒక్కొక్క కాగితాన్నే సులభంగా విడదీయగల్గుతారు.

# మరొక మాయ శాశ్వతచలన యంత్రం

శాశ్వతచలన సమస్యను "పరిష్కరించగోరే" వారందరికీ ఇటీవల ఒక గొప్ప యోచన కలిగింది — డైనమోను ఎలెక్ట్రిక్ మోటారుకు అనుసంధించాలని. ఏటా ఇలాటి పథకాలు అరడజను నా సలహాకోసం వస్తూవుంటాయి. సారాంశంలో అన్నిటికీ మూలసూత్రం ఒకటే — ఎలెక్ట్రిక్ మోటారు, డైనమోల కప్పీలను బెల్టుతో సంధించడమూ, డైనమోనుంచి మోటారుకు విద్యుద్వాహకాలను తగిలించడము. డైనమోకు ఆరంభగమనాన్ని కలిగిస్తే దానివల్ల అందులో వుత్పత్తయే విద్యుత్తుతో మోటారు నడిచి అది డైనమోను ఆడిస్తుందని ఉద్దేశం; ఆతరవాత ఒకదాని ప్రభావంతో ఒకటి ఆడుతూ అరిగి పోయేదాకా ఆగకుండా అలా ఆడుతూవే ఉంటాయని సృష్టికర్త ఆశ.

ఈ ఆలోచన స్రష్టలకు ఎంతో ఆశాజనకంగా కనిపించింది. కాని యీ ఏర్పాటును ఉపయోగంలో పెట్ట ప్రయత్నించి చూసిన వారందరూ అలాటి సందర్భాలలో రెండు యంత్రాలలో ఏ ఒకటీ కూడా కదలదని తెలుసుకొని ఆశ్చర్యపోయారు. అంత కంటే ఇంకేం ఆశిస్తాం ఆ పథకంనుంచి? రెండుయంత్రాలూ నూటికి నూరుపాళ్ళ "ఎఫిషెన్సీ" గలవే అయినప్పటికీ ఘర్షణం ఏమాత్రమూ లేని పరిస్థితిలో మాత్రమే అవి అవిచ్ఛిన్నంగా నడిచేటట్టు చేయగలం. ఇలా రెండు యంత్రాలను చేర్చి సంధానం చేసినప్పుడు అది ఒకే యంత్రమవుతుంది. అది తనను తానే నడుపుకోవాలన్నమాట. ఘర్షణం లేని పక్షంలో అది అనంతంగా కదిలే మాటనిజమే, ఆ పరిస్థితిలో ఏ కప్పీ అయినా అలాగే కదులుతుంది. అయితే దానివల్ల ప్రయోజనమేమీ ఉండదు. ఏమంటే దానిచేత మనం ఏదైనా పని చేయించడానికి ప్రయత్నించిన క్షణంలోనే అది నిలిచిపోతుంది. అందుచేత మనకు "శాశ్వత చలనం" లభ్యమవుతుంది గాని, శాశ్వత చలన యంత్రం లభ్యం కాదు. ఇదంతా ఘర్షణం లేదనుకుంటేనే, కాని ఘర్షణం ఉండనే ఉంటుంది గనక యంత్రం కదలనే కదలదు.

ఈ శాశ్వత చలన ఉన్మాదులకు వారి ఉద్దేశాన్ని అతి సులభంగా కార్యరూపంలో పెట్టే ఆలోచన ఎందుకు రాదో ఆశ్చర్యం: ఏ రెండు కప్పీలనైనా బెల్టుతో సంధించి ఒక దాన్ని మొదట కొద్దిగా తిప్పితే సరిగా! ఎందుకంటే పైన చెప్పిన జంట యంత్రాల సంయోగం సమర్థనీయమైతే అదేవాదం ప్రకారం మొదటి కప్పీ రెండో కప్పీనీ రెండో కప్పీ మొదటి కప్పీనీ నడుపుతూ ఉంటుంది కదా? ఆమాటకు వస్తే రెండో కప్పీ కూడా అవసరం లేదు. ఒక కప్పీని కొద్ది తిప్పివదిలితే దాని కుడి అర్ధభాగం ఎడమ అర్ధభాగాన్ని తిప్పుతుంది. ఆ ఎడమ

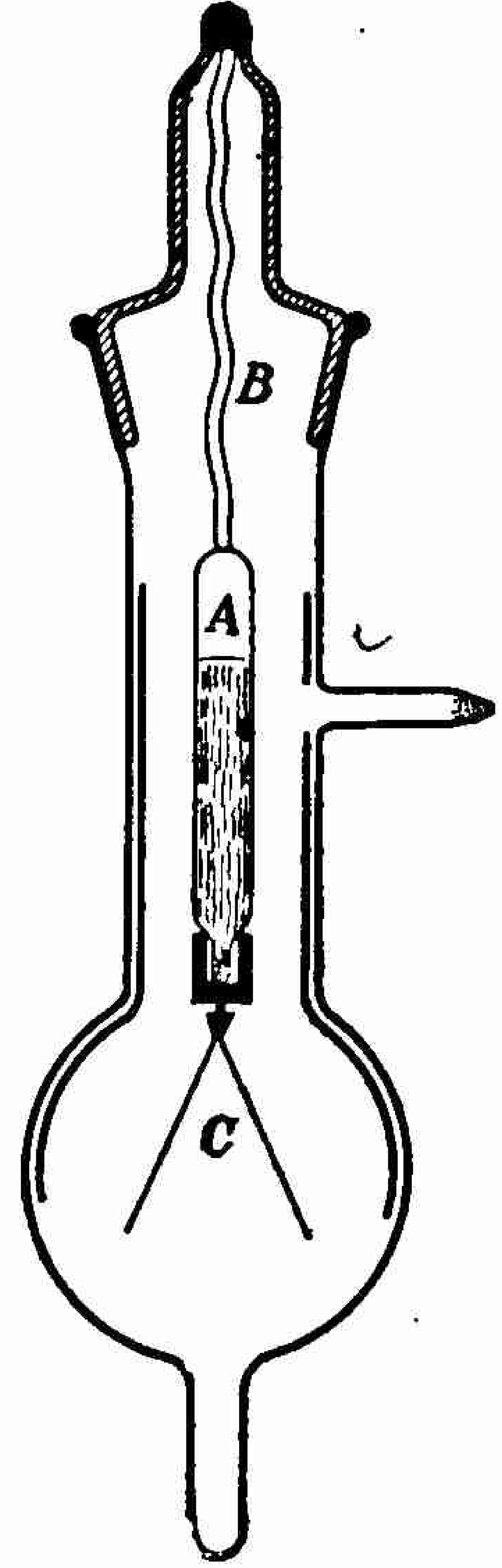
అర్ధభాగం అదే విధంగా కుడి అర్ధభాగాన్ని తిప్పుతుంది. ఈ ఆఖరి రెండు సందర్భాలలో అర్థంలేనితనం స్పష్టంగా కనిపిస్తోంది. కాని నిజానికి వివరించబడిన మూడు ''శాశ్వతచలన'' యంత్రాలు ఒకే భ్రమవల్ల ఉద్భవించినవే.

## రమారమి శాశ్వతచలన యంత్రం

''రమారమి శాశ్వత'' చలనం అన్నదాన్ని గణితవేత్తలు కొట్టిపారేస్తారనుకుంటాను. అయితే శాశ్వతచలనం కావాలి లేకపోతే అశాశ్వతచలనం కావాలి. ''రమారమి శాశ్వత'' చలనం అంటే శాశ్వత చలనం కాదన్నమాటే. అయితే ఆచరణ దృష్ట్యా దీన్ని మరొక విధంగా పరిగణించవచ్చు. పూర్తిగా శాశ్వత చలన యంత్రం కాకపోయినా కనీసం ఒక వెయ్యేళ్లపాటు నడిచే ''రమారమి శాశ్వత'' చలన యంత్రం తమ దగ్గరుంటే అనేకమంది సంతృప్తి పడతారనుకుంటాను. మానవుడి ఆయువు ప్రమాణం అల్పమైనది. వెయ్యేళ్లంటే మన ప్రాణానికి శాశ్వతమే. అలాటి యంత్రం సాధ్యంకావాలేకాని క్రియావాదులైన వారు ''శాశ్వత చలనం'' సమస్య పరిష్కారమయినట్లే భావిస్తారని నా ఉద్దేశ్యం.

అటువంటి మనుషులని ఆనందపరచే వార్త ఉంది. వెయ్యేళ్లు నడిచే యంత్రం సృష్టి అయ్యే ఉన్నది. ఖర్చు భరించుకోవాలేకాని అలాటి శాశ్వత చలన యంత్రం ఎవరికైనా లభ్యమవుతుంది. దానికి పేటెంటు ఎవరూ తీసుకోలేదు. అందులో రహస్యం కూడా లేదు. ''రేడియం గడియారం'' అని చెప్పబడే యీ యంత్రాన్ని 1903 లో ప్రొఫెసర్ స్ట్రెట్ సృష్టించాడు. అది చాలా సరళమైనది (చిత్రం 98). అందులో *A* అనే చిన్నగాజు గొట్టం ఉంది. అందులో గ్రాములో కొద్ది సహస్రాంశాల రేడియం లవణం ఉంది. రేడియం లవణంతో ఉన్న ఈ గాజుగొట్టం *B* అనే క్వార్ట్జ్ తీగకు వేళ్లాడుతూ ఉంది. (క్వార్ట్జ్ గుండా విద్యుత్ ప్రవహించదు.) ఇది అంతా గాలి తీసివేసిన గాజు జాడీలాటి దానిలో అమర్చి ఉంటుంది. గొట్టానికి ఒక చివర ఎలక్ట్రోస్కోపులోలాగ రెండు సన్నని బంగారు రేకులు అమర్చి ఉంటాయి. మీకు తెలిసే ఉండవచ్చు రేడియంనుంచి మూడు రకాల ప్రసారాలు జరుగుతాయి. అవి ఆల్ఫా, బీటా, గామా కిరణాలు. యీ యంత్రంలో పని చేసేవి బీటా కిరణాలు లేక ఋణవిద్యుత్‌తో కూడిన ఎలక్ట్రానుల ప్రవాహం. అవి గాజుగుండా ప్రవహించగలవు. రేడియం నాల్గుదిక్కులకు వెదజల్లే ఎలక్ట్రానులవెంట ఋణ విద్యుత్ తరిగిపోవడంచేత గొట్టంలో ఉండే రేడియం ధన విద్యుత్‌తో కూడినదవుతుంది. యీ ధన విద్యుత్ బంగారు రేకులకు సంక్రమించి రెంటిదీ ఒకేరకం విద్యుత్తు కావడంచేత వాటి మధ్య వికర్షణ ఏర్పడి ఎడంగా పోయి పాత్ర పక్కలకు అంటించిన తగరపు రేకుకు

తగిలి తమ విద్యుత్తును తగరపు రేకులకు (వాటి గుండా విద్యుత్తు పోతుంది) సంక్రమింపజేసి తిరిగి ఒకదానికొకటి చేరువుగా వస్తాయి. తిరిగి ఎలక్ట్రానుల ప్రవాహం సాగి మళ్లీ ఇదంతా మరొక సారి జరుగుతుంది — గడియారపు లోలకం ఆడిన విధంగా ఒక క్రమంలో రెండు మూడు నిమిషాలకొక సారి ఇలా జరుగుతూనే ఉంటుంది. అందుకే దీనికి రేడియం గడియారమని పేరు. రేడియంనుంచి కిరణప్రసారం జరుగుతున్నంత కాలం ఏళ్ల తరబడి దశాబ్దాల తరబడి శతాబ్దాల తరబడి ఇలా జరుగుతూనే ఉంటుంది నిజానికిది శాశ్వత చలన యంత్రం కాదు. "చలన ప్రసాదిత" యంత్రం మాత్రమే.



చిత్రం 98. 1600 ఏళ్లు ఆగకుండా నడిచే రేడియం గడియారం.

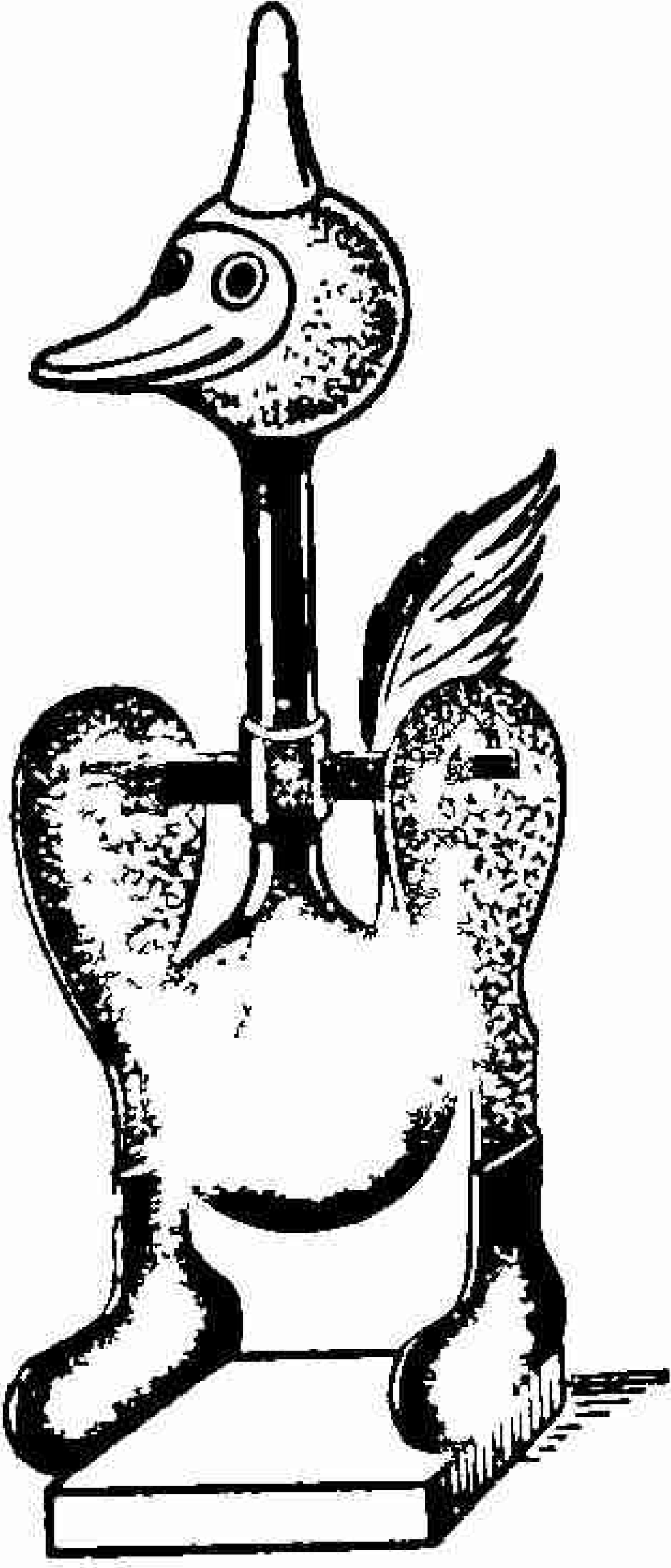
రేడియంనుంచి కిరణాలు ఎంతకాలం ప్రసారమవుతాయి? రేడియం అర్ధ జీవితం (రేడియంలో సగం భాగం శిథిలమయ్యే కాలం) 1600 ఏళ్లని శాస్త్రజ్ఞులు కనిపెట్టారు. అందుచేత రేడియం గడియారం కనీసం వెయ్యేళ్లపాటు ఆగకుండా నడుస్తుంది. అయితే కాలక్రమాన విద్యుత్ ఛార్జియొక్క బలం తగ్గుతుంది కనుక డోలన పౌనః పున్యం కూడా తగ్గుతుంది. ఏ 10 శతాబ్దాల క్రితమో ఇలాంటి రేడియం గడియారం నిర్మించి ఉన్నట్టయితే అది ఇప్పటికింకా ఆడుతూనే ఉండి ఉండును.

యీ చలన ప్రసాదిత యంత్రంవల్ల ప్రయోజనం ఏమయినా ఉన్నదా? దురదృష్టవశాత్తు ఏమీలేదు. దాని పవరు (ప్రతి ఒక సెకండు కాలంలోను అది చెయ్యగల పని) ఎంత స్వల్పమంటే దానితో ఏయంత్రమూ ఆడదు. అది చేసే పని ఉపయుక్తంగా ఉండాలంటే రేడియం చాలా పెద్ద మొత్తంలోకావాలి. అయితే ప్రపంచంలో లభ్యమయ్యే రేడియం చాలా అల్పం కనక దాని ఖరీదు విపరీతం కనుక యిలాటి యంత్రం తయారు చెయ్యడం అత్యంత నష్టదాయకం, దాని వికిరణం చాలా ప్రమాదకరం కూడా.

పరమాణువులో, అంటే దాని కేంద్రకంలో, అపారమైన శక్తి గుప్తంగా ఉన్నది. యీ శక్తి రకరకాలుగా ఉపయోగపడడం మనమీనాడు చూస్తున్నాం.

# అతిదాహంగల పిట్ట

పిల్లల ఆటవస్తువులలో ఆశ్చర్యాన్ని కలిగించే చీనా ఆటవస్తువు ఒకటున్నది. అది అతిదాహంగల పిట్ట. ఒక నీటి పాత్రను ఆ పిట్ట ముందుంచితే అది తన ముక్కును నీటిలో ముంచి తనివితీరా తాగి తిరిగి నిటారుగా నిలబడుతుంది. అలా కొంచెం సేపున్నాక అది నింపాదిగా ముందుకు ఒంగి ముక్కుని నీటిలో ముంచి తాగి తిరిగి లేచి నిలబడుతుంది. ఈ ఆటబొమ్మ ఒక సిసలైన చలన ప్రసాదిత యంత్రం. ఇది పనిచేసే సూత్రం చాలా తెలివితో కూడుకున్నది. చిత్రం 99 చూడండి. పిట్ట శరీరం ఒక గాజు గొట్టం. ఆ గొట్టం పైభాగాన ముక్కుతో సహా తల ఆకారంగల గోళం ఉంది. గొట్టం దిగువ భాగానికి మరొక గోళం వాయునిరోధకంగా బిగించి ఉంటుంది. దిగువగోళంలో ఈథర్ నిండి ఉంటుంది. గాజుగొట్టం అడుగు చివర ఈథర్ మట్టానికి దిగువగా ఉంటుంది.



చిత్రం 99. తీరని దాహంగల పిట్ట.

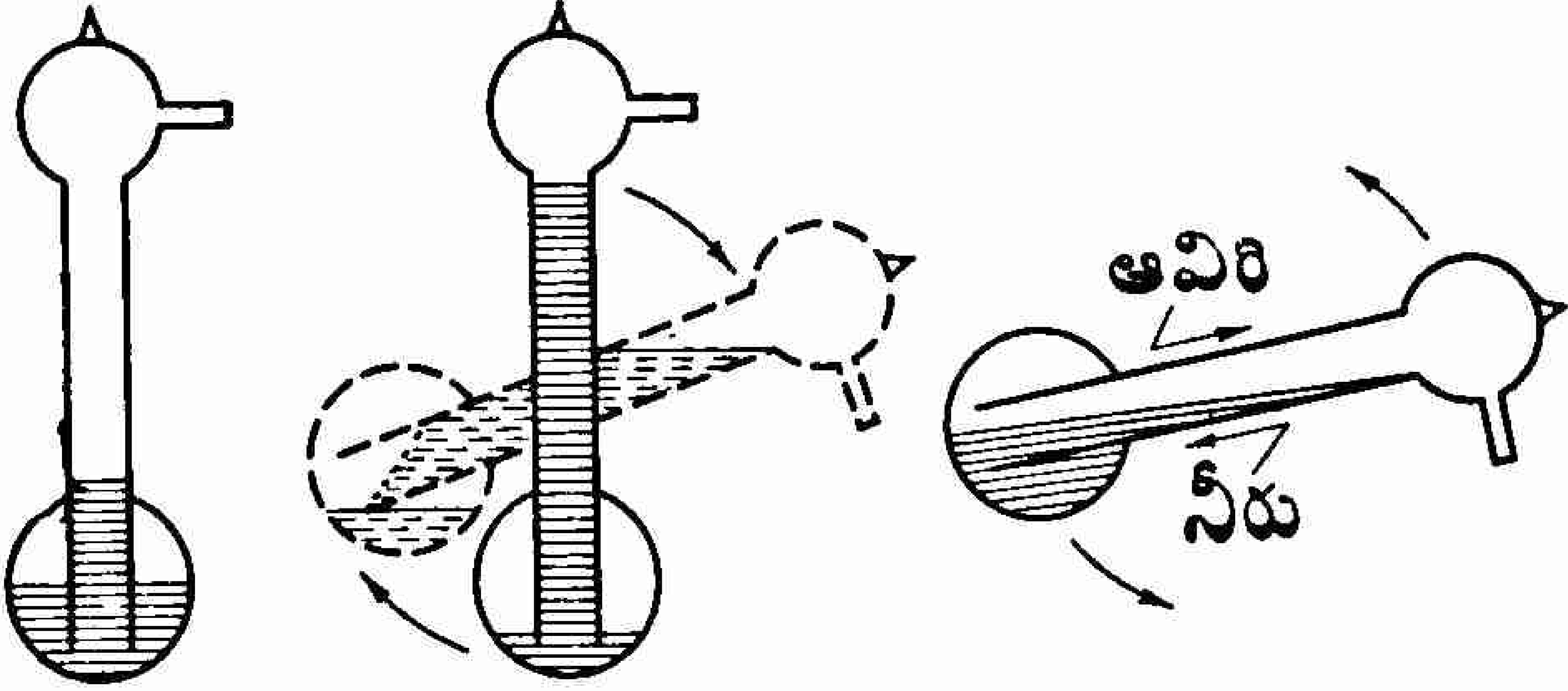
పిట్ట నీరు తాగేలాగ చెయ్యాలంటే దాని తలను నీటితో తడపాలి. తరువాత కొంచెం సేపటివరకు పిట్ట నిటారుగానే నిలిచి ఉంటుంది. ఇది ఎంచేతంటే ఈథర్‌తో నిండిన దిగువగోళం బరువు జాస్తి. తల బరువు తక్కువ. తరవాత ఏం జరుగుతుందో గమనిద్దాం. క్రమంగా ఈథర్ గొట్టంలోకి ఎక్కడం మనకు కనిపిస్తుంది (చిత్రం 100). ఈథర్ గొట్టపు మీది చివర చేరేసరికి మీదిభాగం దిగువభాగంకంటె బరువు అవుతుంది.

ముక్కు నీటి కప్పులోకి వచ్చేలాగ పిట్ట ముందుకు వంగుతుంది. పిట్ట అడ్డంగా పడుకునే సరికి గొట్టం దిగువ చివర కిందిగోళంలో ఉండే ఈథర్ మట్టానికి ఎగువగా వస్తుంది. అప్పుడు గొట్టంలోని ఈథర్ తిరిగి గోళంలోకి ప్రవహిస్తుంది. దీని ఫలితంగా పిట్ట తల కంటె "తోక" బరువెక్కుతుంది. పిట్ట తిరిగి లేచి నిలబడుతుంది. యాంత్రికంగా జరిగేది ఇంతే. ద్రవంయొక్క గమనంవల్ల అక్షానికి అనుగుణంగా బరువు మారుతుంది. అంటే గరిమనాభి స్థానచ్యుతి పొందుతుంది. కాని ఈథర్ పైకి లేవడానికి కారణమేమిటి?

మామూలు గది వేడికి ఈథర్ తేలికగా ఇగురుతుంది. ఈథర్ ఆవిరియొక్క పీడనం ఉష్ణోగ్రతననుసరించి చాలా మార్పు చెందుతుంది.

పిట్ట నిటారుగా నిలబడి ఉన్నప్పుడు గొట్టంలో ఉండే ఈథర్ ఆవిరికి దిగువ గోళంలో ఉండే ఈథర్ ఆవిరికి మధ్య సంబంధం ఉండదు.

పిట్ట తలకు ఒక అమోఘమైన గుణం ఉంది: నీటితో తడిసిన దాని ఉష్ణోగ్రత పరిసరాల ఉష్ణోగ్రత కంటె తక్కువ. యీ శక్తి కలిగించడానికిగాను నీటిని హెచ్చుగా పీల్చి త్వరగా ఇగర్చగల గుల్లపదార్థాన్ని ఉపయోగించాలి. ద్రవం జాస్తిగా యిగిరేటప్పుడు ఉష్ణోగ్రత




చిత్రం 100. పక్షి కిటుకు.

తగ్గిపోతుందని ఏడవ అధ్యాయంలో చెప్పాను. ఆ విధంగా పిట్ట తల ఉష్ణోగ్రత గొట్టపు, దిగువగోళాల కన్న తగ్గిపోతుంది. అంచేత గొట్టంలో ఉన్న ఈథరు ఆవిరియొక్క పీడనం తరిగిపోతుంది. అప్పుడు దిగువ గోళంలోని ఈథరు గొట్టంలోకి ఎక్కుతుంది. గరిమనాభిపైకి జరగడంచేత పిట్ట ముందుకు వంగుతుంది. అది అడ్డంగా ఉన్న స్థితిలో ఒకదానికొకటి సంబంధంలేని రెండు పనులు జరుగుతాయి. ఒకటి — పిట్ట ముక్కు నీటిలోకి మునిగి అందులో ఉన్న దూదిపింజ నీటిని పీల్చుకుంటుంది. రెండు — గొట్టంలో ఉన్న ఈథరు ఆవిరి దిగువ గోళంలో ఉన్న ఈథరు ఆవిరితో చేరిపోతుంది. రెంటి పీడనము ఒకటౌవుతుంది. (పరిసరపు వేడివల్ల ఆవిరి ఉష్ణోగ్రత కొద్దిగా పెరుగుతుంది.) గురుత్వాకర్షణ ప్రభావంచేత గొట్టంలోని ఈథరు గోళంలోకి ప్రవహిస్తుంది. పిట్ట తిరిగి నిటారుగా నిలబడుతుంది.

పిట్ట తలలోని దూది తడిగా ఉండి గదిలోని వాతావరణంలో చెమ్మ జాస్తిగా లేనంత కాలము పిట్ట అలా వంగి లేస్తూనే ఉంటుంది. యీ రెండూ ఉన్నంతవరకు దూదిలోని నీరు ఇగరడానికి, గొట్టంలోని ఉష్ణోగ్రత తగ్గడానికి ఆటంకమేమీ ఉండదు. ఆవిధంగా వాతావరణంలో ఉండే వేడి ఆటబొమ్మ వద్దకు వదలకుండా వస్తూ ఈ మాయ పిట్ట కదలికలకు మూలశక్తిగా పనిచేస్తోంది. మన ముందు "శక్తి ప్రసాదిత" యంత్రానికి ఒక మంచి ఉదాహరణ. కాని అది ఎంత మాత్రమూ "శాశ్వత చలన" యంత్రం కాదు.

# భూమియొక్క వయస్సెంత?

రేడియోధార్మిక శక్తిగల పదార్థాలు శిథిలం కావడానికి సంబంధించిన సూత్రాల ఆధారంతో శాస్త్రజ్ఞులు భూమియొక్క వయస్సును సరిగా అంచనా కట్టగలుగుతున్నారు.

రేడియోధార్మిక శిథిలమనేదేమిటి? ఒకరకం పరమాణువులు తమంతటతామే ఇతర ప్రేరణ ఏమీ అవసరం లేకుండా మరొకరకం పరమాణువులుగా పరివర్తన చెందుతాయి. ఉష్ణోగ్రతలోగాని, పీడనంలోగాని హెచ్చుతగ్గులు యీ పరివర్తనంయొక్క ''వేగాన్ని'' ఏవిధంగాను మార్చలేక పోవడం గమనించతగ్గ విషయం.* కొన్ని ఖనిజాలలో ఉండే యురేనియం, థోరియం, ఆక్టినియం అనే మూలకాలనుంచి రేడియోధార్మిక శక్తిగల మూలకాల వరసలు ఉత్పన్నమవుతాయి. ప్రతి వరసలోను అనేక మూలకాలు రేడియోధార్మిక పరివర్తన ద్వారా ఒకదానినుంచి ఒకటి ఏర్పడతాయి. పైన చెప్పిన మూడు మూలకాలకు చరమ దశ సీసంగా మారడమే. అయితే ఈ మూడు విధాల ఏర్పడిన సీసమూ మామూలు సీసంతో పరమాణు భారంలో భేదిస్తుంది. మామూలు సీసపు పరమాణువుయొక్క భారం హైడ్రోజన్ పరమాణువు భారానికి సుమారు 207 రెట్లు ఉంటుంది. కాని యురేనియం, థోరియం, ఆక్టినియములనుంచి వెలువడిన సీసపు పరమాణువుల భారం వరసగా 206, 208, 207 రెట్లుంటుంది. అందుచేత వాటి మధ్య ఉండే వ్యత్యాసం సులువుగా తెలుస్తుంది.

పరమాణు పరివర్తన వెంబడి ''ఆల్ఫా'' కిరణాలనేవి వెలువడతాయి. ఆల్ఫా కిరణాలనేవి శిథిలమయ్యే పదార్థంనుంచి వెలువడే తేలికయిన జడ వాయువు — హీలియంయొక్క పరమాణుకణాల ప్రసారం. అత్యంత వేగంతో వెలువడే హీలియం కణాలు తమ ధన విద్యుత్తును పోగొట్టుకొని మామూలు హీలియం రూపంలో ఖనిజంలో చేరిపోతాయి. అందుచేతనే రేడియోధార్మిక శక్తిగల ఖనిజాలలో మనకు హీలియం విధిగా కనపడుతుంది.

అయితే, చాలా తేలికయిన వాయువైన కారణంచేత అది చాలా సులువుగా తేలిపోతుంది. ఆకారణంచేత ఖనిజంలో ఉన్న హీలియం ప్రమాణాన్నిబట్టి ఆ ఖనిజంయొక్క వయస్సు నిర్ణయిస్తే ఫలితం నిర్దుష్టంగా ఉండదు. అంతకన్న ఖనిజంలో దిగపడిపోయిన సీసంయొక్క ప్రమాణాన్నిబట్టి ఖనిజంయొక్క వయస్సు మరింత నిర్దుష్టంగా తెలియదా? యీ శతాబ్దియొక్క నలభైల మొదట్లో హోమ్సు అనే బ్రిటిష్ జియాలజిస్టు వేరువేరు నిక్షేపాలలోని సీసం ఐసొటోప్‌ల ప్రమాణాలనుబట్టి భూమియొక్క వయస్సు 350 కోట్ల ఏళ్లని అంచనా కట్టాడు.

---

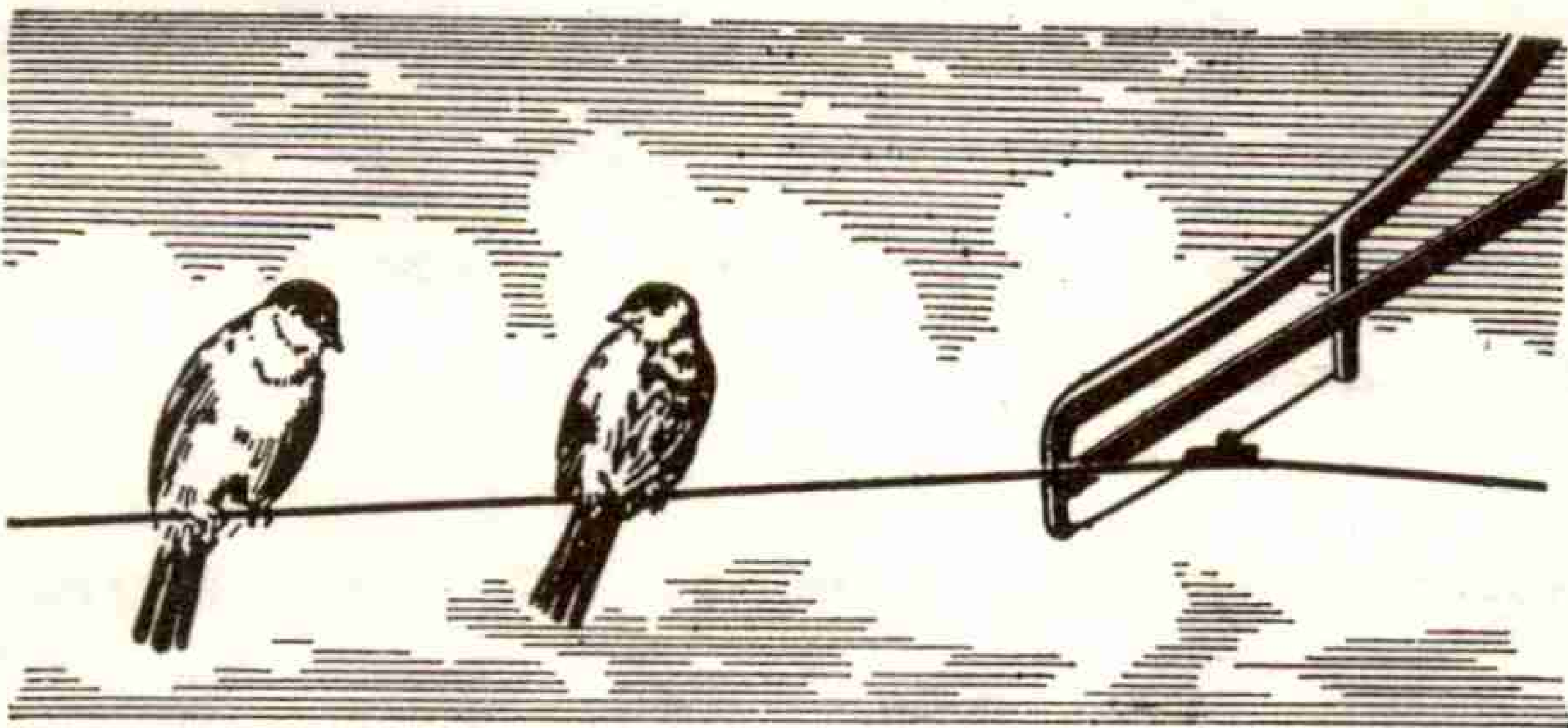
* అనేక వేల కోట్ల డిగ్రీలవేడి అయితేనే దాన్ని మార్చగలుగుతుంది.

నిజానికి ఆయన గుణించినది భూమియొక్క వయస్సుకాదు. దాని పైపొరయొక్క వయస్సు; అంతేగాగ భూమి ప్రజ్వలించే వాయువుల ముద్దగా సూర్యుడునుంచి వెలువడిందన్న ఊహను ఆయన ఆధారం చేసుకున్నాడు. ఆ ఊహకు కాలదోషం పట్టిపోయింది.

1951–52 లో ఎకడమీషియను ఎ. పి. వినొగ్రాదొవ్ లభ్యంగా ఉన్న ఆధారలన్నింటిని చాలా శ్రద్ధగా పరిశీలించి అచ్చగా సీసంమీదనే ఆధారపడి భూమి పైపొరయొక్క వయస్సు నిర్ణయించటం సాధ్యంకాదని నిర్ణయానికొచ్చాడు. దాని వయస్సు 500 కోట్ల సంవత్సరాలు మించదని మాత్రమే చెప్పవచ్చు. కాని అదే సమయంలో 300 కోట్ల ఏళ్ల వయస్సుగల ఖనిజాలు కూడా దొరికాయి. పరమాణు భారం 235, 238 గల రెండు యురేనియం, ఐసొటోప్‌లు శిథిలమయ్యే వేగానికి సంబంధించిన ఆధారాలతో శాస్త్రవేత్తలు భూమియొక్క వయస్సు 500 కోట్ల ఏళ్లకూ 700 కోట్ల ఏళ్లకూ మధ్యన ఉంటుందని తేల్చారు. కనక మనం భూమికి సుమారు 600 కోట్ల ఏళ్ల వయస్సు ఉంటుందనుకోవచ్చు. ఇతర విధానాలను బట్టి గుణించిన ఇదేసంఖ్య వస్తున్నది కనుక ఈ అంచనా సరి అయినదే అనిపిస్తుంది. 600 కోట్లు – ఆ సంఖ్య తలచుకొంటే బుర్ర తిరుగుతుంది. 600 కోట్ల ఏళ్లంటే మానవుడి చరిత్రకన్నా ఎంతో విస్తృతమయినది; మానవ జీవిత ప్రమాణంతో పోల్చనే అక్కరలేదు.

## తీగెలపైన కూర్చునే పక్షులు

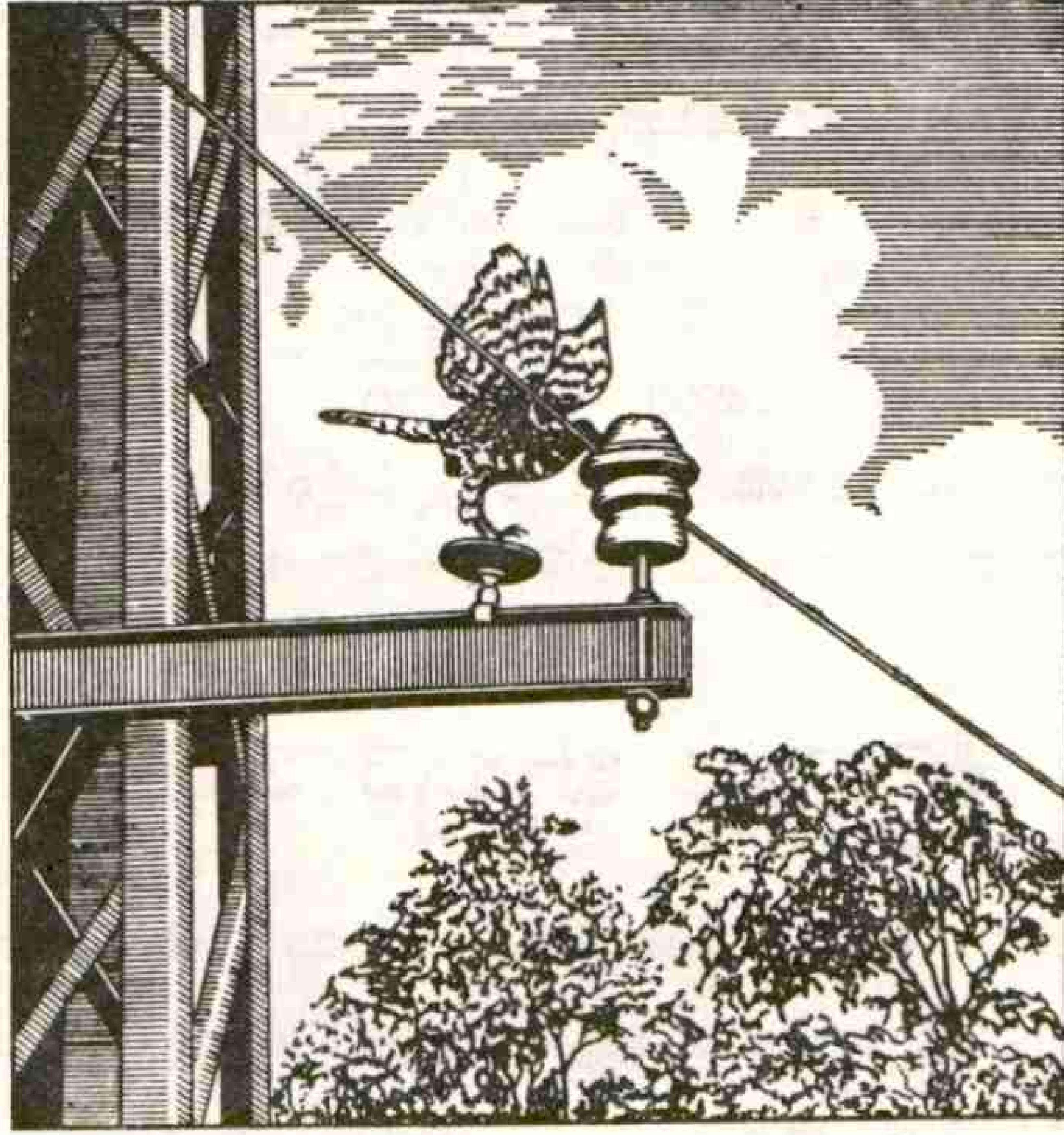
ట్రాము తీగలను, అధిక వోల్టేజి తీగలను తాకడం ఎంత ప్రమాదమో మీకందరికీ తెలుసు. ఆతాకడం మనిషికే కాదు పెద్దపెద్ద జంతువులకి కూడా ప్రమాదకరమే. తెగిపోయిన కరంటు తీగలను అంటుకొని గుర్రాలు, ఆవులు విద్యుద్ఘాతం పొంది మరణించిన వైనాలు ఎన్నో విన్నాం.



చిత్రం 101. విద్యుత్ తంతులపై కూర్చునే పక్షులకు అపాయముండదు. ఎందుచేత?

అయినప్పుడు కరంటు తీగలపైన కూర్చునే పక్షులకు అపాయమే ఉండక పోవడానికి ఏమిటి కారణం? ఈ దృశ్యాన్ని పట్టణాల్లో తరచూ చూస్తాం (చిత్రం 101).

ఇది అర్థం కావాలంటే ఈ క్రింది విషయములు తెలుసుకోవాలి. పక్షి కరంటు తీగలపై కూర్చుని ఉన్న సమయములో దాని శరీరం కరంటు తీగకు ఉపశాఖగా ఉంటుంది, దాని విద్యున్నిరోధం (రెసిస్టెన్సు) దాని కాళ్ల మధ్యవుండే కరంటు తీగభాగంతో పోల్చితే చాలా హెచ్చుగా ఉంటుంది. ఆకారణంచేత పక్షి శరీరంగుండా ప్రవహించే విద్యుత్తు చాలా అల్పమైనది; నిరాపాయమైనది. అయితే తీగలపైన కూర్చొని ఉన్న పక్షి శరీరంలో ఏభా



చిత్రం 102. హైవోల్టేజి తీగల స్తంభంమీద పక్షులు వాలడానికి నిరపాయమైన ఏర్పాటు.

గంగాని — ముక్కుగాని, రెక్కగాని, తోకగాని — స్తంభాన్ని తాకినా, మరో విధంగా నేలతో సంపర్కం పొందినా, వెంటనే పక్షి విద్యుద్ఘాతానికి గురి అవుతుంది. యీ సంగతి కూడా మీరు గమనించే ఉండవచ్చు.*

*శరీరంగుండా ప్రవహించే విద్యుత్తు మూలానే దానిలోని జీవకణాలు నశించడం జరుగుతుంది. శరీరానికి కొంత విద్యున్నిరోధం ఉంటుంది కనుక శరీరంలో ప్రవహించే విద్యుత్తుయొక్క ప్రమాణం కరంటుకు, భూమికి మధ్యఉండే వోల్టేజి వ్యత్యాసంపైన ఆధారపడి ఉంటుంది. — సం.

అధిక వోల్టేజి తీగల ఆధారం మీద వాలి కూర్చొని కరంటు తీగలపై ముక్కులను శుభ్రం చేసుకొనే పాడలవాటు ఒకటుంది పక్షులకి. ఆ ఆధారానికీ భూమికీ మధ్య విద్యుద్బంధనం ఉండకపోవడంచేత కరంటుతీగ పక్షిముక్కుకు తగలగానే అది చావడం తథ్యం. ఇలాటి సందర్భాలు ఎంత అసంఖ్యాకం అంటే ఒకప్పుడు జర్మనులు పక్షులను కాపాడడం కోసం ప్రత్యేకమైన శ్రద్ధ తీసుకున్నారు. దానికిగాను ట్రాన్స్‌మిషన్ తీగల ఆధారంపైన విద్యుద్బంధనం చేయబడిన పక్షిపీటలు ఏర్పాటు చేశారు. పక్షులు వాటిపైవాలి కరంటు తీగలమీద ముక్కులను తుడుచుకున్నప్పటికీ ప్రమాదం ఉండదు (చిత్రం 102). ఒక్కొక్కసారి కరంటు తీగలకు ''రక్షణలు'' ఏర్పాటు చేసి పక్షులకు అందకుండా చేస్తారు.

## మెరుపుయొక్క వెలుగు

తుఫానుగా ఉన్నప్పుడు అతి కొద్ది కాలం మెరిసే మెరుపులలో రద్దీగా ఉండే వీధిని మీరెన్నడైనా గమనించారా? మీరు బజారు పనిమీద వెళ్లుతుండగా పెద్ద తుఫాను ముంచు కొచ్చిందనుకోండి. మెరుపు మెరిసినప్పుడు మీరొక వింతవి గమనిస్తారు: క్షణం క్రితం ఎంతో సంచలనముతో కూడుకున్న దృశ్యాలు మెరుపు మెరిసినప్పుడు మాత్రం చిత్రంగా నిశ్చలమయిపోయినట్టు కనిపిస్తాయి. పరిగెత్తే బళ్లు ఆగినట్టు కనిపిస్తాయి, వాటి చక్రాల ''ఆకు'' లన్నీ స్ఫుటంగా కనబడతాయి.

ఇందుకు కారణం మెరుపు మెరిసేకాలం చాలా స్వల్పం కావడమే. విద్యుత్ సంబంధమైన యితర ''స్పార్క్'' లలాగే మెరుపు కూడా క్షణికమైనది. దాన్ని కొలవడానికి మామూలు పద్ధతులు పనికి రానంత క్షణికంగా ఉంటుంది మెరుపు. అయినప్పటికీ శాస్త్రవేత్తలు మెరుపు మెరిసేకాలం 0.001 నుంచి 0.02 సెకండువరకు ఉంటుందని పరోక్ష నిరూపణ చేశారు*. అంతక్షణికమైన కాలములో దాదాపు ఏవస్తువూ కంటికి కనిపించే అంతగా కదలదు. మెరుపు కాంతిలో ఎన్నో కదలికలతో ఉండే వీధి కూడా నిశ్చలంగా ఉన్నదంటే ఆశ్చర్యం ఏముంది! మనం చూసేది సెకండులో వెయ్యోవంతు కాలంకంటె తక్కువ కాలంలో జరిగేదేనాయె. ఆకాలంలో వేగంగా కదిలే బండి చక్రపు ఆకు ఒక మిల్లిమీటరులో అతిస్వల్ప భాగం మాత్రమే – దాన్ని మన కన్ను గమనించలేదు. మెరుపు మెరిసే కాలం కంటె మన దృగ్భావన ఎక్కువసేపు ఉండడంచేత యీ (నిశ్చలత్వ) భావన మరింత హెచ్చుగా ఉంటుంది.

---

* మేఘాల మధ్య మెరిసే మెరుపు 1.5 సెకండ్ల దాక ఉంటుంది. – సం.

# మెరుపు ఖరీదెంత?

మెరుపు దేవతలాగ పరిగణించబడిన ప్రాచీన కాలంలో ఈ ప్రశ్న దైవదూషణగా పరిగణించబడి ఉండేది. అయితే, విద్యుచ్ఛక్తి ఇతర వస్తువులలాగే కొలవబడి, ఖరీదు కట్టబడుతున్న ఈ నాడు, మెరుపుయొక్క ఖరీదెంత అన్న ప్రశ్నను చెత్తకింద కొట్టి పారయ్యరనుకుంటాను. మన సమస్య ఏమిటంటే, మెరుపు మెరిసినప్పుడు వ్యయమయ్యే విద్యుచ్ఛక్తి ఎంతో అంచనా కట్టి మామూలుగా అమలులో ఉండే విద్యుచ్ఛక్తి రేటు ప్రకారం ఖరీదు కట్టటేం.

ఇటీవల తెలియ వస్తున్నదాన్ని బట్టి మెరుపు డిశ్చార్జియొక్క పొటెన్షియల్ 5 కోట్ల వోల్టులు. విద్యుత్ ప్రవాహ తీవ్రత రెండు లక్షల ఆంపియర్లు. (విద్యుత్ గ్రాహకి (lightning conductor) "పిడుగు" తగిలినప్పుడు తీగచుట్ట మధ్య ఉండే ఉక్కు కడ్డీలో అయస్కాంతత్వం ఏప్రమాణంలో ఏర్పడేది తెలుసుకున్నట్టయితే విద్యుత్ ప్రవాహ తీవ్రత అంచనా కట్టవచ్చు.) విద్యుచ్ఛక్తి వాటేజి ఎంతో తెలుసుకోవాలంటే వోల్టులను ఆంపియర్‌లచేత గుణించాలి. అయితే గుణకారము చేసేటప్పుడొక విషయం గుర్తుంచుకోవాలి: డిశ్చార్జి జరిగినప్పుడు పొటెన్షియల్ సున్న అయిపోతుంది. ఆకారణంచేత మనం సరాసరి పొటెన్షియల్ లేక తొలి వోల్టులసంఖ్యలో సగం మాత్రం తీసుకోవాలి. కనుక

డిశ్చార్జియొక్క వాటేజి $\frac{5,00,00,000 \times 2,00,000}{2} = 50,00,00,00,00,000,$

అనగా 500 కోట్ల కిలోవాట్లు.

ఈ సున్నాల వరసను చూసి విద్యుచ్ఛక్తి ఖరీదు ఎంతో ఉంటుందని మనం అనుకోవచ్చు. అయితే మనం మామూలుగా డబ్బు ఇచ్చేది గంటకు కిలోవాట్ చొప్పున యింత అని. కనుక విద్యుచ్ఛక్తి ఎంతకాలంపాటు సరఫరా అయిందన్న అంశంకూడా గణనలోకి వస్తుంది. అంత వాటేజి సెకండులో వెయ్యోవంతు కాలంపాటే ఉంటుంది. అందుచేత మెరుపుయొక్క విద్యుచ్ఛక్తిని కిలోవాట్-గంటలలోకి మార్చుతే $\frac{50,00,00,00,00,000}{36,00,00,000}$ అనగా సుమారు 1400 కిలోవాట్-గంటలవుతుంది. కిలోవాట్-గంటకు చార్జి 4 కొపెక్‌లు. కనుక 1400 కిలోవాట్-గంటల ఖరీదు

$$1400 \times 4 = 5,600$$ కొపెక్‌లు, లేక 56 రూబుళ్ళు.

భారీ ఫిరంగిని పేలుస్తే వెలువడే శక్తికి నూరింతలుండే మెరుపు శక్తి ఖరీదు 56 రూబుళ్ళు మాత్రమేనంటే ఆశ్చర్యంకాదా!

ఎలక్ట్రికల్ ఇంజనీర్లు మెరుపులు కృత్రిమంగా సృష్టించడంలో ఎంతవరకు కృతకృత్యులయ్యారన్నది కూడా తెలుసుకోదగినది విషయమే. శాస్త్రవేత్తలు ప్రయోగశాలలో 30 నుంచి 50 లక్షల వోల్టుల విద్యుత్ పీడనం సాధించి 15 మీటర్ల నిడివిగల "స్పార్క్" సృష్టించగలిగారు. సహజమైన మెరుపులో ఇది పదో వంతు మాత్రమే.

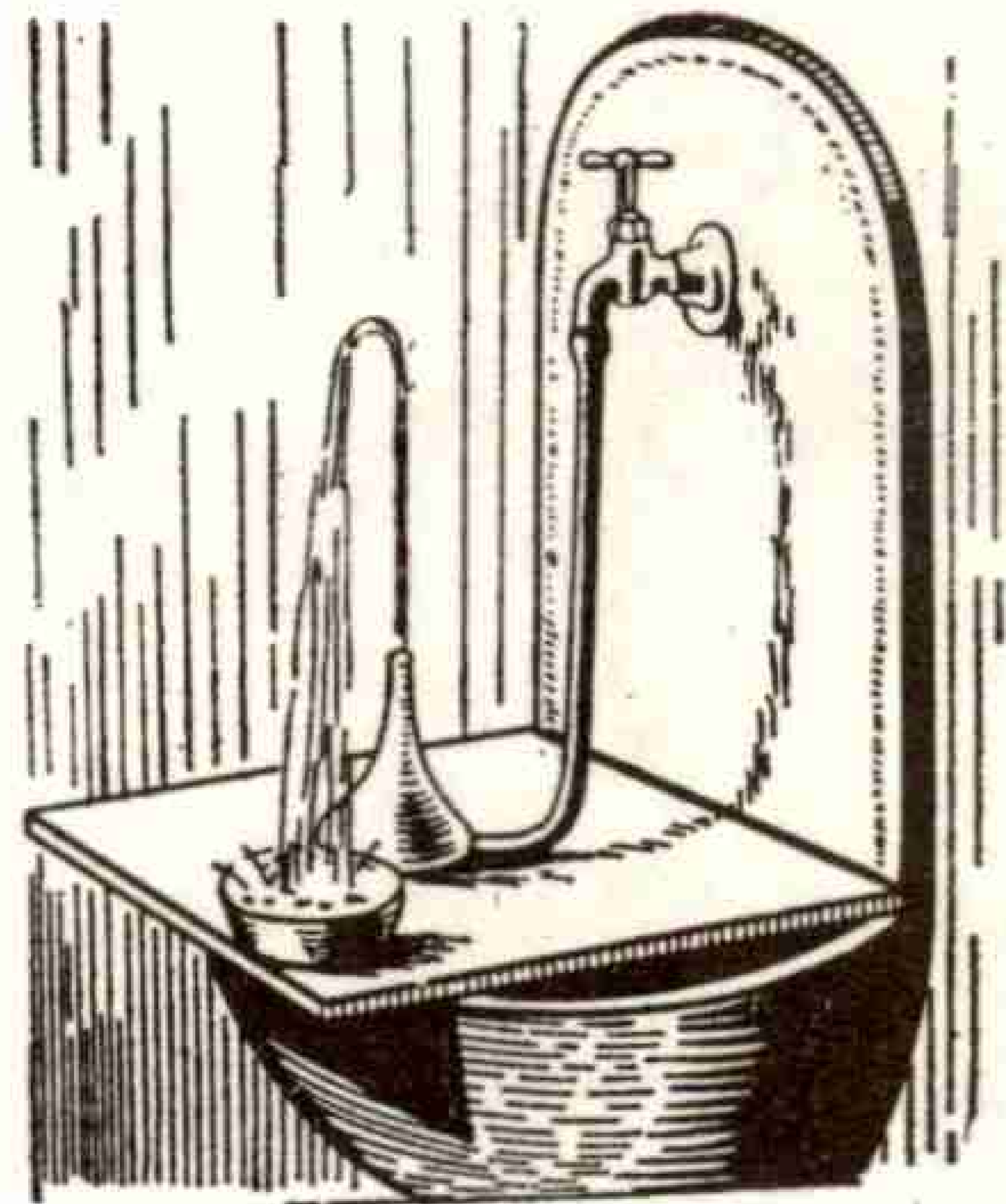
## ఇంట్లో తుఫాను

జలయంత్రాన్ని ఇంట్లో తేలికగా తయారుచేయవచ్చు. ఇందుకుగాను ఒక రబ్బరుగొట్టం తీసుకొని, దాన్ని ఒక చివరను కుళాయికి తగిలించడంగాని లేక ఎత్తుగా ఉంచిన నీటితొట్టిలో ముంచడం కాని చెయ్యాలి. గొట్టం రెండో చివరనుంచి జలయంత్రం జల్లుగా పడాలంటే ఆ చివరను సన్నరంధ్రంలాగ తయారుచెయ్యాలి. యిందుకు సులభమైన పద్ధతి ఏమిటంటే, "ముక్కు" తొలిచేసిన పెన్సిలు ముక్కను రబ్బరు గొట్టం చివరిలో దూర్చడం. సౌకర్యంకోసం ఆ పెన్సిలు ముక్కను ఒక బోర్లించిన గరాటులో దూర్చవచ్చు (చిత్రం 103).

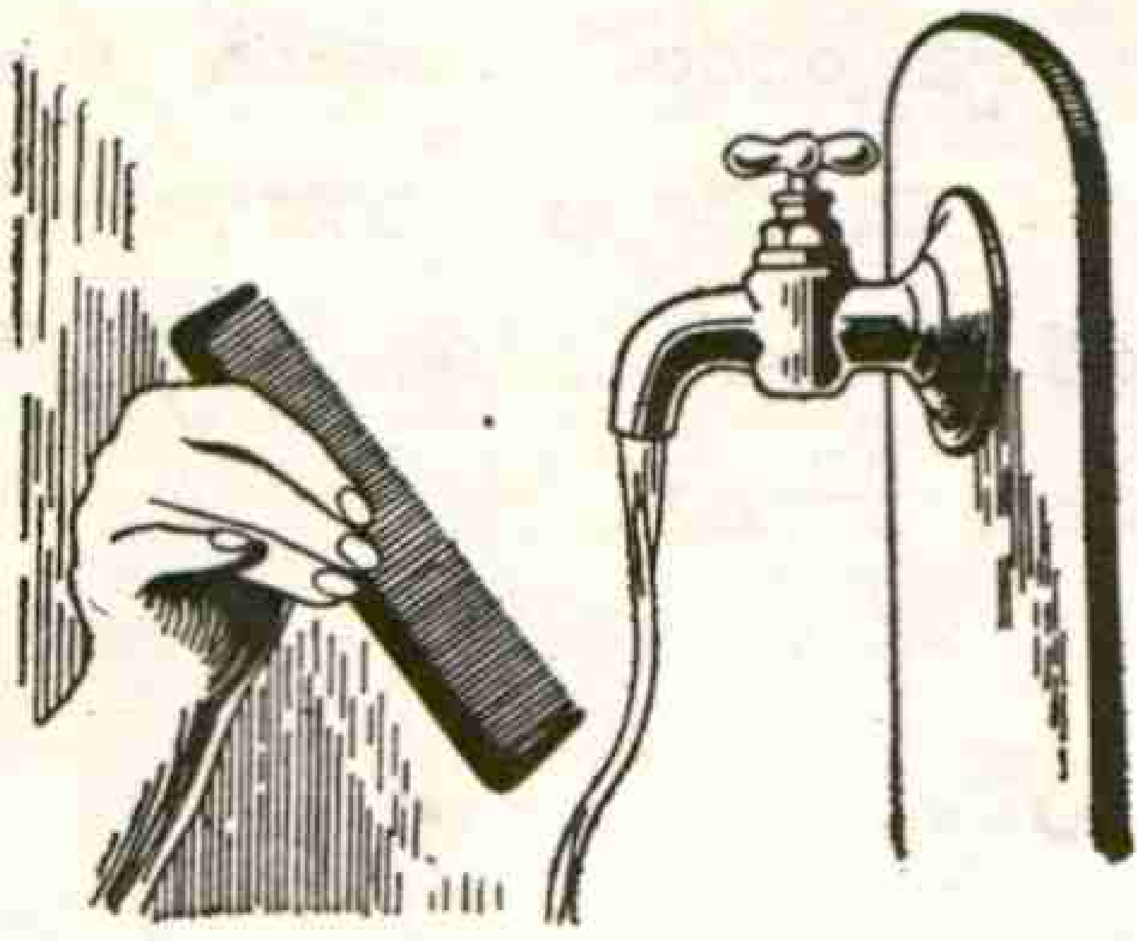
జల్లు పైకి లేచేటట్టుగాను జలయంత్రం ఎత్తు సుమారు అర మీటరు ఉండేటట్టుగాను ఏర్పాటు చేసుకొండి. ఒక లక్క కడ్డీనికాని, ఎబొనైట్ దువ్వెనగాని గుడ్డతో రుద్ది, జల్లుకు సమీపంగా తీసుకురండి. వెంటనే ఒక అనుకోని విషయం చూస్తారు: కిందపడే జల్లు తుంపరులన్నీ చప్పున ఏకమై ఒకే దారగా అయిపోతాయి: ఆదార ప్లేటుమీద పడినప్పుడు అది చేసే చప్పుడు తుఫాను శబ్దాన్ని పోలి ఉంటుంది. "తుఫాను సమయములో వానచినుకులు పెద్ద ప్రమాణంలో ఉండడానికి నిస్సందేహంగా ఇదేకారణం," అన్నాడు శాస్త్రవేత్త బోయిన్ ఈ సందర్భంలో. లక్క కడ్డీని, లేక దువ్వెనను, దూరం చేయగానే మళ్లా జల్లు ఏర్పడుతుంది. పెద్ద శబ్దం పోయి చినుకుల టపటప వినిపిస్తుంది.

దీన్ని ఒక ట్రిక్‌కింద ప్రదర్శించి, లక్క కడ్డీ ఒక "మంత్ర దండమని" అమాయక ప్రేక్షకులను నమ్మించవచ్చు.

నీటి బిందువులు విద్యుత్ ప్రేరితం కావడమే ఇది జలయంత్రం మీద విద్యుచ్ఛక్తి ఇంత వింతగా పనిచేయడానికి కారణం. కడ్డీకి సమీపంలో ఉన్న నీటి బిందువులలో ధన విద్యుత్తు, దూరంగా ఉండేవాటిలో ఋణ విద్యుత్తు ప్రేరిత



చిత్రం 103. చిన్న తుఫాను.



చిత్రం 104. విద్యుత్ ప్రేరితమైన దువ్వెన సమీపంగా తెస్తే కుళాయిధారలో వంపు ఏర్పడుతుంది.

మవుతుంది; వేర్వేరుగా విద్యుదీకరింపబడిన బిందువులు దగ్గరగా చేరి పరస్పర ఆకర్షణ ఫలితంగా ఏక మవుతాయి.

నీటి ధారపైన విద్యుత్తు ప్రభావం గమనించడానికి చాలా సులువైన పద్ధతి ఉన్నది. ఒక దువ్వెనతో, జుట్టు దువ్వుకుని, దాన్ని చుక్కలుచుక్కలుగా పడే నీటి ధారకు చేరువుగా ఉంచండి. చుక్కలు ఏకధారగా మారడమూ, ధార బాగా దువ్వెన వేపు వంపు తిరగడమూ చూడ వచ్చు (చిత్రం 104). ముందు చెప్పిన ప్రయోగాన్ని వివరించినంత సులువుగా దీన్ని వివరించడం సాధ్యం కాదు. విద్యుత్తు కారణంగా నీటియొక్క తలతన్యతలో మార్పు కలగడమే దీనికి కారణం.

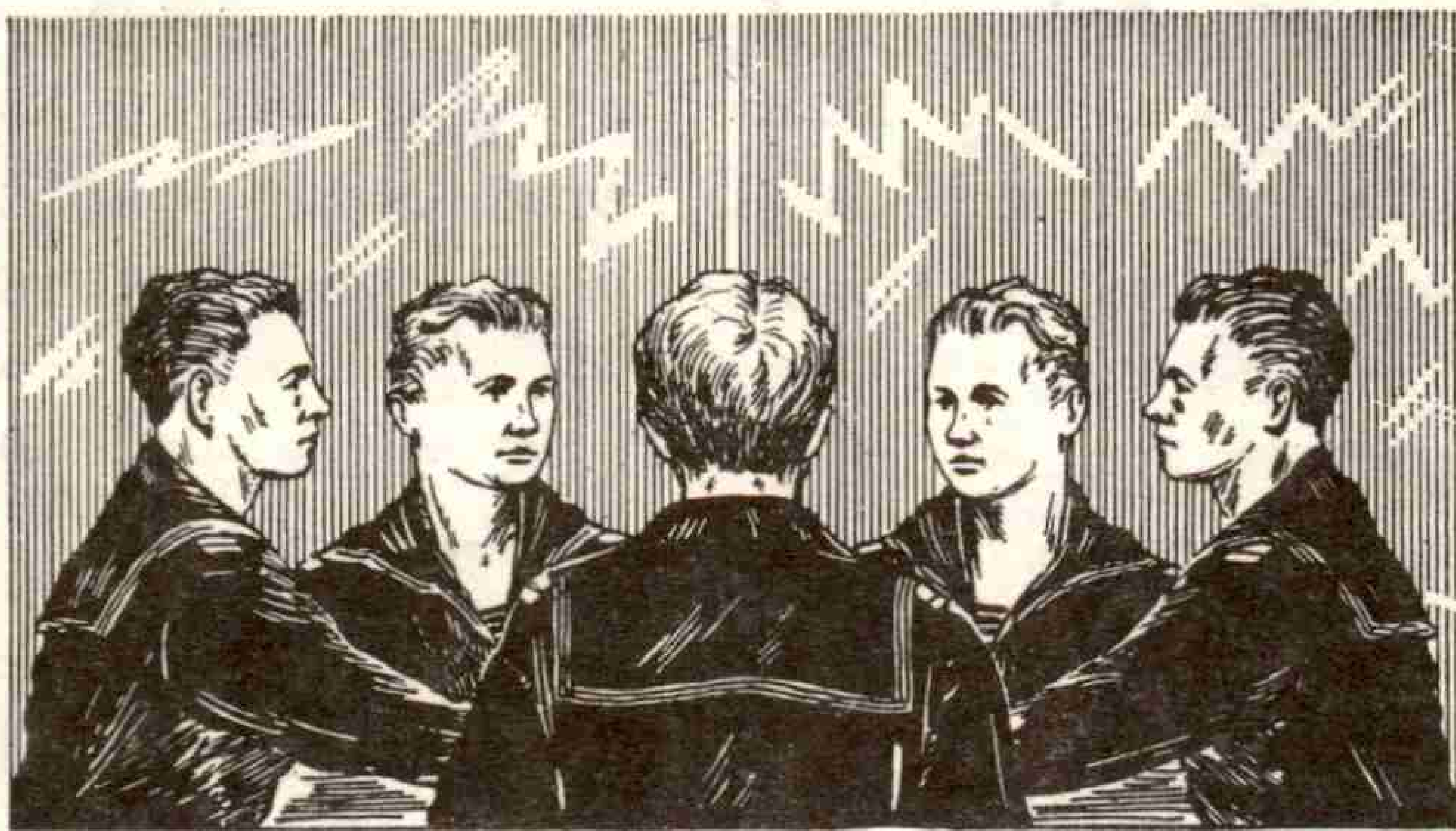
ఈ సందర్భంలో మరొక విషయం కూడా చెప్పాలి. ఒరిపిడవల్ల విద్యుత్తు తేలికగా ఉత్పత్తి అవుతుంది గనుకనే కప్పీలకు తగిలించే బెల్టులలో విద్యుత్తు చేరుతుంది. దీనినుంచి స్పార్కు పుట్టి ఒక్కొక్కసారి అగ్నిప్రమాదాలు కూడా కలుగుతాయి. ఇలా జరక్కుండా బెల్టులపైన పలుచగా వెండిపూత పూస్తారు. అప్పుడవి విద్యుద్వాహకాలుగా మారిపోతాయి; వాటిలో విద్యుత్తు కూడుకోదు.

తొమ్మిదవ అధ్యాయం

# కాంతియొక్క ప్రతిఫలన, వక్రీభవనములు. దృష్టి

## పంచ ముఖాల ఫోటో

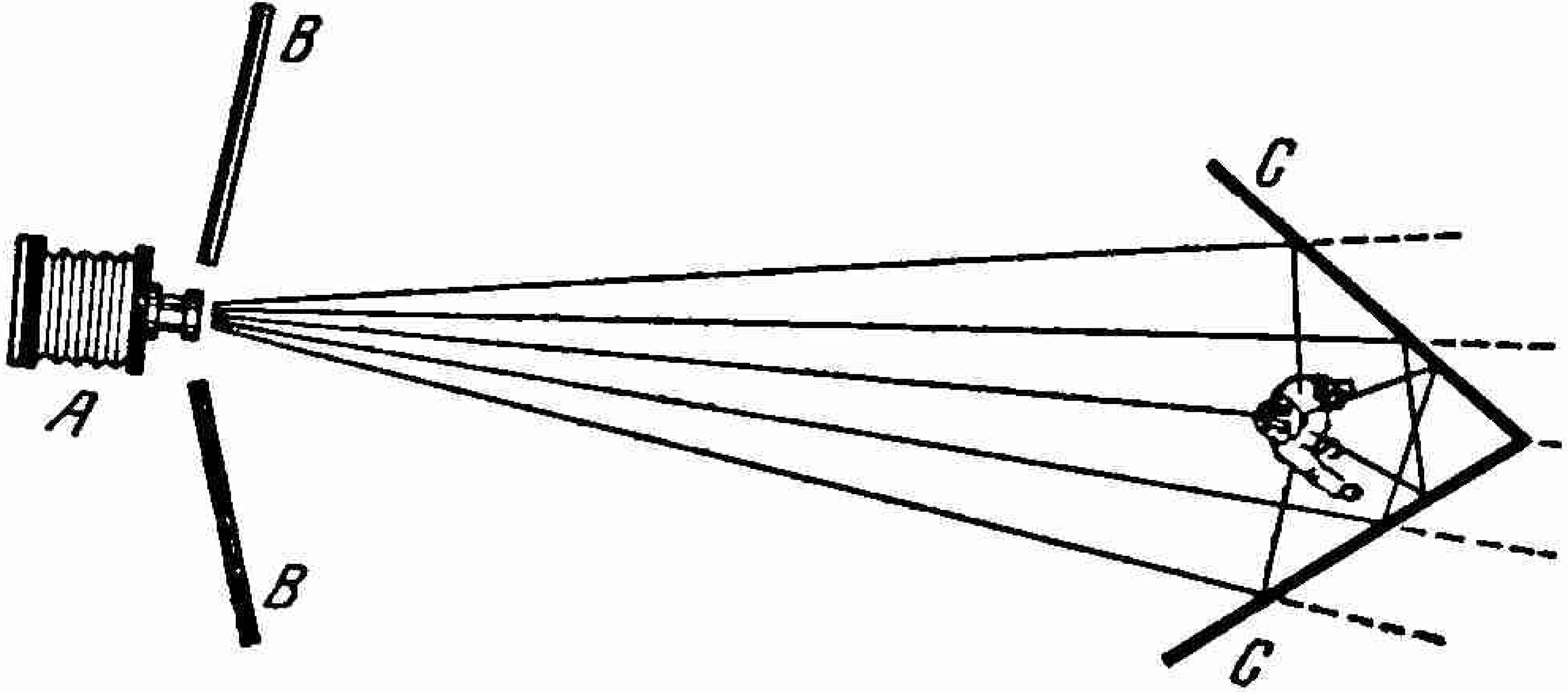
అయిదు వేర్వేరు కోణాలలోనుంచి కనిపించే ఒకే వస్తువుయొక్క భంగిమలు ఒకే ఫోటోలో ఉండడం ఫోటోగ్రఫీ కళలోని అపురూపాలలో ఒకటి. ఆవిధంగా తీయబడిన ఫోటో చిత్రం 105 లో ఉంది. అందులో ఒకే వ్యక్తి అయిదు భంగిమలలో కనిపిస్తాడు. మామూలు



చిత్రం 105. ఒకే మనిషి తాలూకు అయిదు భంగిమల ఫోటో.

ఫోటోలలో కన్న ఇలాటి ఫోటోలలో మనిషియొక్క అసలు స్వరూపం మరింత సమగ్రంగా కనబడుతుంది. ఫోటోగ్రాఫర్లు మనతలను ఏవైపునుంచి ఫోటోగ్రాఫు చేస్తే బొమ్మ ఎక్కువ స్వాభావికంగా ఉంటుందో తెలుసుకోడానికి చాలా అగచాట్లు పడడం మనకు తెలుసు. పై ఫోటోలో ఒక్క సారిగా అయిదు కోణాలలో ముఖం కనిపిస్తుంది. మనకు కావలసిన భంగిమ తేలికగా లభ్యమవుతుంది.

ఇలాటి ఫోటోలను తీసే దెలా? అద్దాలసహాయంతో. చిత్రం 106 లో ఫోటో తీయించుకునే వ్యక్తి $A$ అనే కెమేరాకు వీపు పెట్టి, $CC$ అనే రెండు నిలువుటద్దాలకెదురుగా



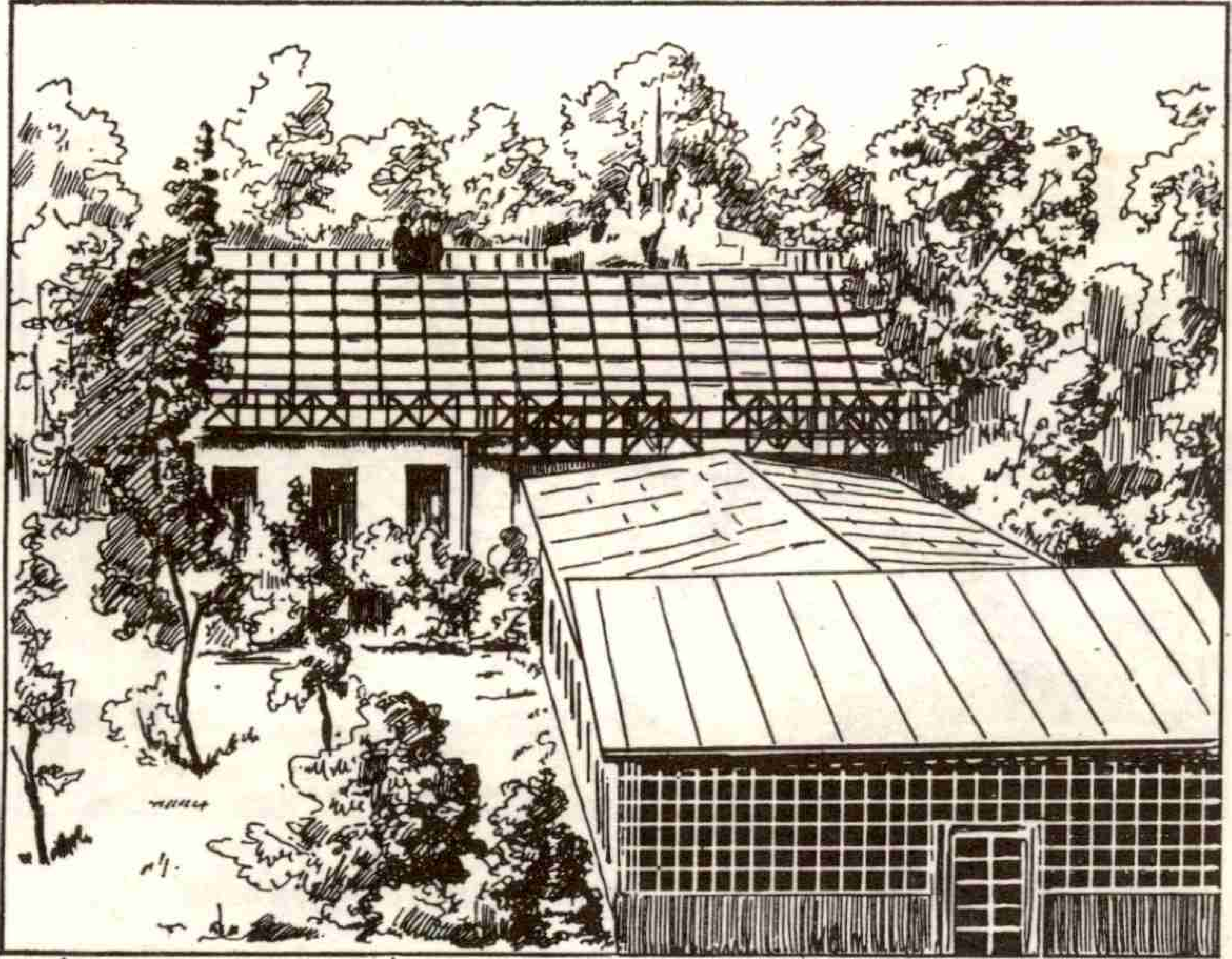

చిత్రం 106. అయిదు భంగిమల ఫోటోలు తీసే పద్ధతి. ఫోటోలు తీయించుకునేవాడు $CC$ అనే అద్దాల మధ్య కూర్చుంటాడు.

కూర్చుంటాడు. అద్దాల రెంటి మధ్యా 360 డిగ్రీలలో 5వ వంతు, అంటే 72 డిగ్రీల కోణం ఉంటుంది. అలాటి జోడద్దాలలో కెమేరా దృష్ట్యే ప్రతిబింబం నాలుగు భంగిమలలో కనపడాలి. ఈ నాలుగు ప్రతిబింబాలకీ, కూర్చున్న వ్యక్తికీ ఫోటోగ్రాఫు పడుతుంది. అద్దాలకు చట్రాలు లేక పోవడంచేత అవి ఫోటోలో వుండవు. అద్దాలలో కెమేరా ప్రతిబింబం కనిపించకుండా $BB$ అనే తెరలు అమర్చుతారు. ఈ తెరలు ఒకదానికొకటి చాలా దగ్గరగా ఉండి, వాటి మధ్య కెమేరా లెన్సు మాత్రమే పట్టదగినంత చోటుంటుంది.

ప్రతిబింబాల సంఖ్య అద్దాల మధ్య ఉండే కోణాన్నిబట్టి ఉంటుంది. అది ఎంత తక్కువగా ఉంటే ప్రతిబింబాల సంఖ్య అంత హెచ్చుగా ఉంటుంది. అద్దాల మధ్య $\frac{360°}{4}=90$ డిగ్రీల కోణం ఉంటే 4 ప్రతిబింబాలు వస్తాయి, $\frac{360°}{6}=60$ డిగ్రీల కోణం ఉంటే 6 వస్తాయి. $\frac{360°}{8}=45$ డిగ్రీలు ఉంటే 8 ప్రతిబింబాలూ, ఇలాగే ప్రతిబింబాలసంఖ్య ఉంటుంది. ఐతే ప్రతిబింబాలసంఖ్య పెరిగినకొద్దీ వాటి స్పష్టత తగ్గిపోతున్నది. అందుకే ఫోటోగ్రాఫర్లు సాధారణముగా అయిదు ప్రతిబింబాలతో ఆపేస్తారు.

# సూర్యశక్తితో పనిచేసే మోటర్లూ, హీటర్లూ

ఇంజను బాయిలరును సూర్యశక్తితో వేడిచేసే ఆలోచన ఆసక్తిజనకమైనది. గణితం చాల తేలిక. భూమిచుట్టూ ఉండే గాలిపొర పైభాగాన సూర్యకిరణాలు సూటిగాపడే ప్రతి చదరపు సెంటిమీటరు మేరా నిమిషానికి ఎంతశక్తిని గ్రహించుచున్నది శాస్త్రవేత్తలు లెక్కగట్టారు. ఇది ఎల్లప్పుడూ ఇంచుమించు ఒకే ప్రమాణములో ఉంటుంది గనుక దీనిని



చిత్రం 107. తుర్క్మేనిస్తాన్‌లో సౌరశక్తితో నీటిని కాచే కార్ఖానా.

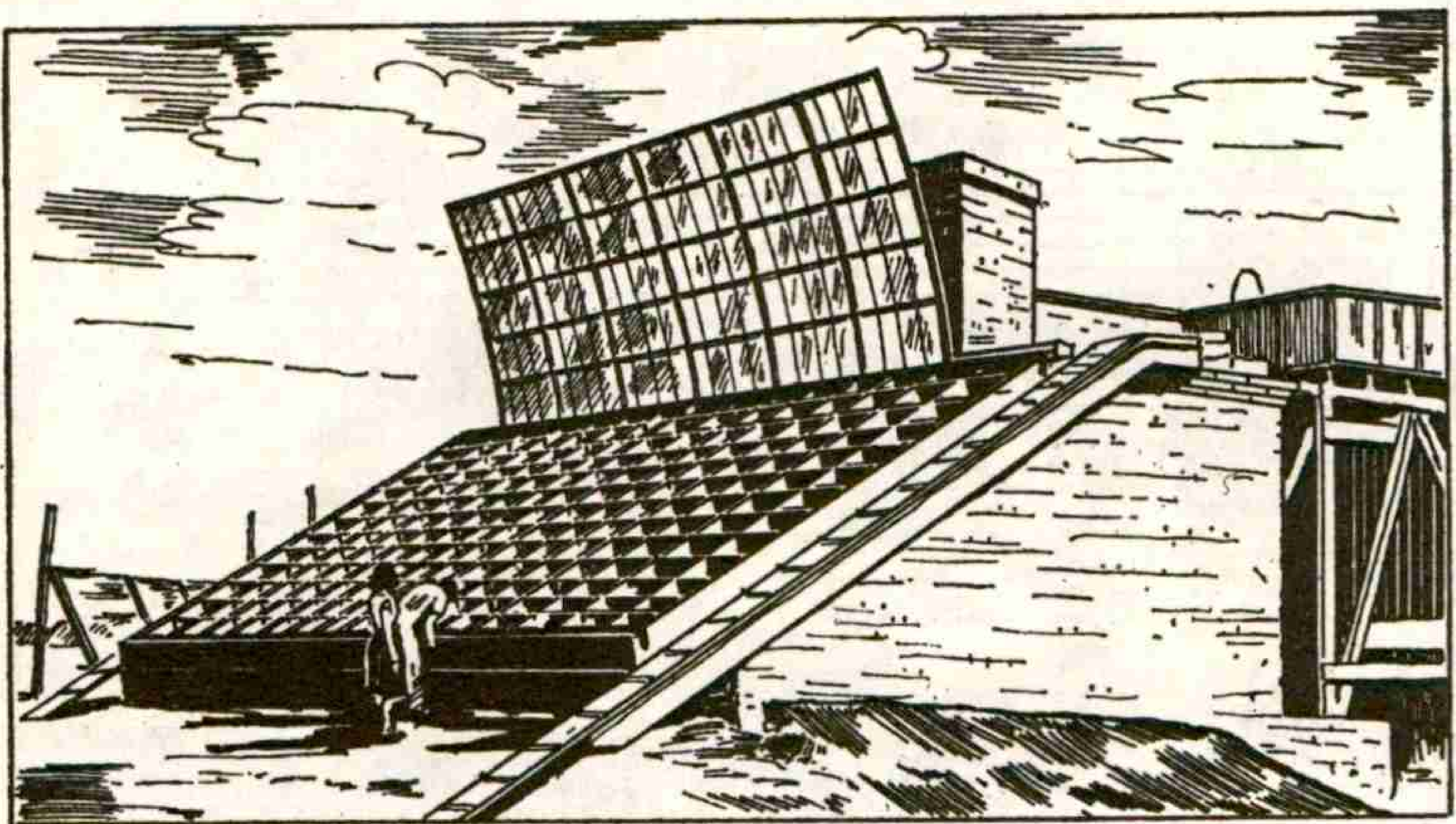
''సౌరస్థిరరాశి'' *(solar constant)* అంటారు. ఇది నిమిషానికి చదరపు సెంటిమీటరుకు ఉజ్జాయింపున 2 కాలరీలుంటుంది. సూర్యుడు అనవరతమూ మనకు అందజేస్తూ ఉండే ఈ ఉష్ణశక్తి అంతా భూమి ఉపరితలాన్ని చేరుకోదు, అందులో సుమారు అరకాలరీ వాతావరణంలో వ్యయమవుతుంది. అందుచేత సూర్యకిరణములు సూటిగాపడే భూభాగంలో ప్రతి చదరపు సెంటిమీటరు మేరకు నిమిషానికి 1.4 కాలరీలు అందుతాయనుకోవచ్చు.



14—1207

ఇదే చదరపుమీటర్ల లెఖ్ఖన నిమిషానికి 14,000 కాలరీలు, లేక 14 కిల కాలరీలు, లేక సెకండుకు 1/4 కి.కా అవుతుంది. ఒక కిల కాలరీ 427 కిలోగ్రాముమీటరుల యంత్రక్రియనిస్తుంది. కనుక ఒక చదరపు మీటరు నేలపైన సూటిగా ఒక సెకండుపాటు పడే సూర్యకాంతి 100 కి.గ్రా. మీ. ల పైగా యంత్రక్రియనిస్తుంది. ఇది 1 1/3 అశ్వశక్తికి సమానం.

అనుకూలపరిస్థితులలో – అనగా కిరణాలు సూటిగా పడుతూ, సూర్యశక్తి నూటికి నూరుపాళ్లు యంత్రశక్తిగా మారే అవకాశం ఉన్నప్పుడు – సూర్యశక్తి మనకు అంతపని చేసిపెట్టగలదు. కాని సూర్యుణ్ణి మోటారుశక్తిగా మార్చడానికి ఇంతవరకు చేయబడిన ప్రయత్నాలలో ఈ ఆదర్శ పరిస్థితులు మనకింకా కనుచూపమేరలో లేవు. ఈ ప్రయత్నాలలో



చిత్రం 108. తుర్క్మెనిస్తాన్‌లో సౌరశక్తిని ఉపయోగించే రిఫ్రిజిరేటరు స్టోరేజి.

సాధించబడిన ‘‘ఎఫిషెన్సీ ఫాక్టరు’’ 5 లేక 6 శాతం మాత్రంగానే ఉంటున్నది. ప్రొఫెసర్ చార్ల్‌స్ ఆబట్ సృష్టించిన సూర్యశక్తి మోటరు సాధించిన అత్యున్నతమైన ‘‘ఎఫిషెన్సీ ఫాక్టరు’’ 15 శాతం.

సూర్యశక్తిని యంత్రక్రియకుగాక, ఉష్ణం ఉత్పత్తిచెయ్యడానికి వినియోగించడం చాలా తేలిక. సోవియట్ దేశంలో ఈ సమస్యకు ప్రాముఖ్యం ఇవ్వబడింది. సమర్కాండ్‌లో ఉన్న ‘‘సౌర విద్యాశాల’’లో విస్తృత పరిశోధనలు జరుగుతున్నాయి. స్నానశాలలూ, ఉష్ణజలపాత్రలూ లాంటి సౌరసాధనాలు ఉత్పత్తిచేయబడి, పరీక్షించబడుతున్నాయి. ఉష్ణజలపాత్రల ‘‘ఎఫిషెన్సీ ఫాక్టరు’’ సగటున 47 శాతం, అత్యున్నతమైనప్పుడు 61 శాతం.

తుర్క్మెనిస్తాన్‌లో పరీక్షించిన ఒక "సౌర" శీతలకారి (రిఫ్రిజిరేటరు) తాలూకు చల్లబరిచే బాటరీలు, బయటి వాతావరణ ఉష్ణోగ్రత నీడలో +42 డిగ్రీలున్న సమయంలో సున్నాకన్న 2–3 డిగ్రీలు తక్కువ ఉష్ణోగ్రత నిచ్చాయి. పరిశ్రమలలో తయారైన మొదటి "సౌరశీతలకారి" ఇదే.

సూర్యశక్తితో గంధకాన్ని (ద్రవీభవనాంకము 120°C) కరిగించడానికి చేసిన ప్రయోగాలు మంచి ఫలితాలనిచ్చాయి. కాస్పియన్, అరాల్ సముద్ర జలాలనుంచి మంచినీరు బట్టీ పట్టడానికి సూర్యశక్తిని ఉపయోగించిన సంగతి మధ్య ఆసియాలోని పాతకాలపు పంపులస్థానంలో ఏర్పరచిన "సౌర" పంపులూ, పళ్లనూ, చేపలనూ వరుగు చెయ్యడానికి ఉపయోగించిన "సౌర" శోషణ సాధనాలు, సూర్యకిరణాలతో పనిచేసే పొయ్యిలూ మొదలైనవి ఈ సందర్భంలో పేర్కొనవచ్చు. కృత్రిమ పద్ధతులతో సూర్యకిరణాలను సేకరించి వాడుకచేసే మార్గాలలో ఈ చెప్పినవి చాలా కొద్ది భాగమే. మధ్య ఆసియా, కాకసస్, క్రైమియా, వోల్గాడెల్టా, దక్షిణ ఉక్రయిన్ ప్రాంతాల ఆర్థిక వ్యవస్థలో సూర్యశక్తి తప్పక ప్రముఖపాత్ర వహిస్తుంది.

ఇటీవల సూర్యకాంతి శక్తిని ఎలెక్ట్రిక్ శక్తిలోకి పరివర్తనం చేస్తూన్న "సౌర బాటరీ"లు సృష్టించబడ్డాయి. అవి సెమికండక్టరు ప్లేట్లతో చేయబడినవి. "సౌర బాటరీలు" కాస్మిక్ ఆపరేటన్‌లలో ఉపయోగించబడుతున్నాయి. ఈ బాటరీలను పోర్టబుల్ రేడియో ట్రన్సిస్టరులలో ఉపయోగించేందుకు తొలి పరిశోధనలు జరిగాయి.

## అదృశ్యఘటిక

ఒక మంత్రపు కుళాయి నెత్తిన పెట్టుకుంటే మనుష్యులు అదృశ్యమైపోతారని ప్రాచీనకథ ఒకటి ఉన్నది. "రుస్లాన్ – లుద్మీల" అన్న పద్యకావ్యంలో సుప్రసిద్ధ రష్యన్ కవి అలిగ్జాండర్ పూష్కిన్ ఈ కుళాయియొక్క శక్తులను అపూర్వంగా వర్ణించాడు.

"ఆమె మనస్సులో అనిపించింది –
ఆడమనసుకలా అనిపిస్తుంది –
మాంత్రికుడి కుళాయి ధరించాలని
లుద్మీల దాన్ని అటు ఇటు తిప్పి
నిలువుగా పెట్టుకుంది, అడ్డంగా కూడా
కాని ఆమె ఆ మంత్రపు కుళాయి

వెనుక ముందులుగా పెట్టుకోగానే —
ఏమాశ్చర్యం! ఎంత అద్భుతం! —
లుద్మిల అద్దంలో అంతర్ధానం!
తిరిగి సరిగా ధరించినప్పుడు
లుద్మిల మరల ప్రత్యక్షం!
వెనుక ముందులుగ తిరిగి ధరించి
అదృశ్యమాయెను లుద్మిల
'ఓహో, జిత్తులమాంత్రికుడా,
కృతజ్ఞురాలిని నీకెపుడూ.
స్వేచ్ఛాజీవిగ ఇక మనగలను
సౌఖ్యక్షేమము కనగలను.'"

నిర్బంధంలో వున్న లుద్మిలకు మంత్రపు కుళాయి అదృశ్యఘటికగా ఉపయోగపడింది. వెయ్యి కళ్లతో ఆమెను కాపలా కాస్తున్నవారామెను చూడలేక పోయారు. ఆమె చేసే పనులను బట్టి మాత్రమే వారామె ఉనికిని గ్రహించ గలిగారు.

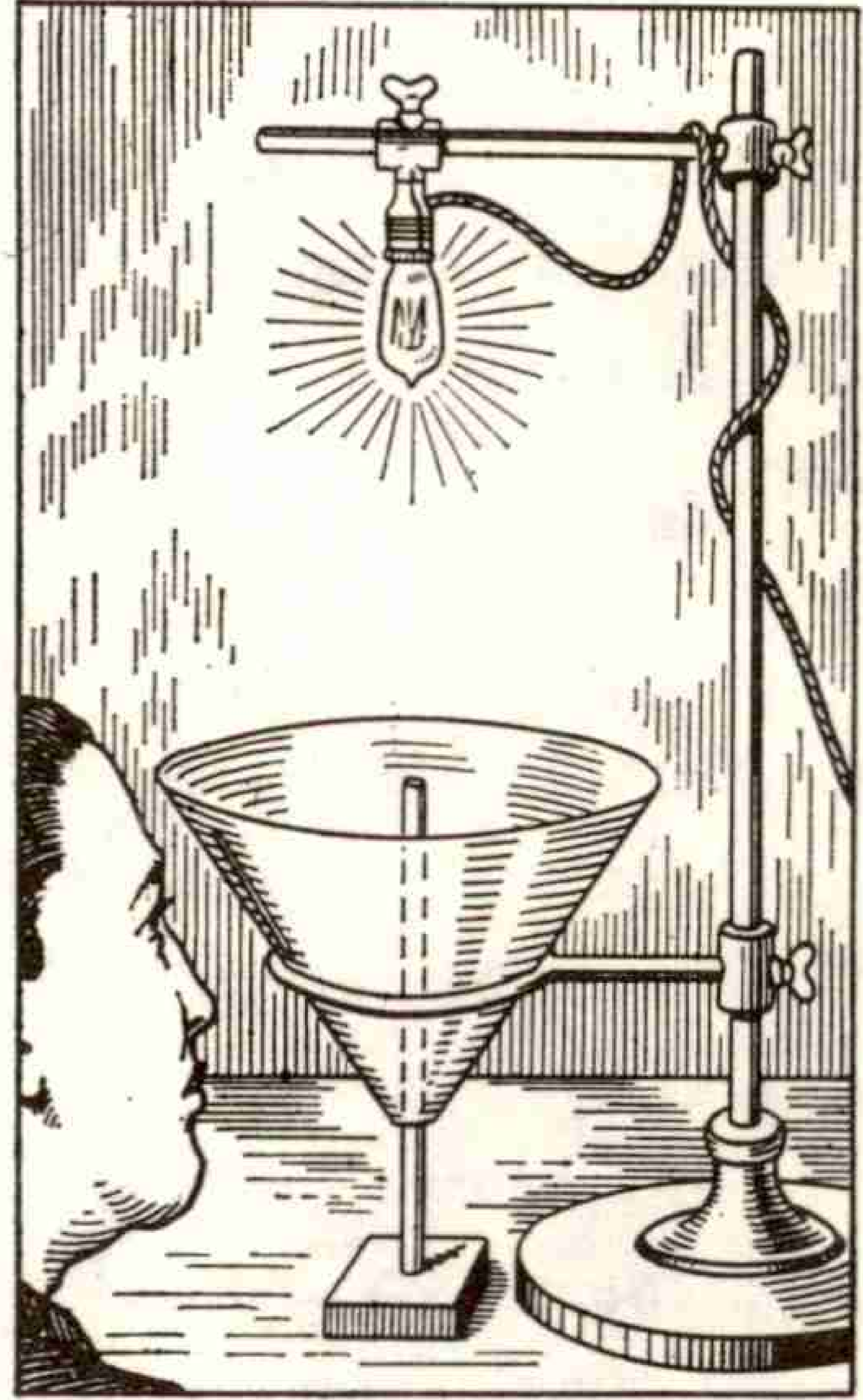
ప్రాచీనగాథలలోని అనేక వింతలను మనం చాలా కాలంగా నిత్యజీవితంలో చూస్తున్నాము. శాస్త్రము చాలా అద్భుతాలు సాధించింది. యీనాడు మనం కొండలను పిండి కొట్టగలము. పిడుగును పట్టుకోగలం. "పుష్పక విమానా"లెక్కి తిరగ గలం. పూర్తిగా అదృశ్యమయి పోవడానికి ఒక మంత్రపు కుళాయిగాని, మరొక సాధనం గాని సృష్టించలేమా? ఆ ప్రశ్నను చర్చిద్దాం.

## "అదృశ్య వ్యక్తి"

హెచ్. జి. వెల్స్ తన "అదృశ్య వ్యక్తి" *(The Invisible Man)* లో మనం అదృశ్యం కావడం సాధ్యమేనని నమ్మమంటాడు. "ప్రపంచంలోకెల్లా తెలివైన" భౌతిక శాస్త్రవేత్త నవలలో ప్రధాన పాత్ర. అతను మానవ శరీరం అదృశ్యం కావడానికొక మార్గం కనిపెట్టి దాన్ని తన డాక్టరు మిత్రుడికి యిలా వివరిస్తాడు.

"కనబడడమన్నది కనబడే వస్తువులకు కాంతిపైగల ప్రభావంపైన ఆధారపడుతుంది.... ఏవస్తువైనా కాంతిని గ్రహిస్తుంది, లేదా ప్రతిఫలిస్తుంది, లేదా వక్రీభవింప చేస్తుంది, లేదా యీ అన్నిపనులు చేస్తుంది. ఇందులో ఏ ఒకటి కూడా చెయ్యని వస్తువు స్వయంగా

కనబడదు. పారదర్శకత్వం లేని ఒక ఎర్రని పెట్టెదాని పైన పడే కాంతిలో కొంత గ్రహించి మిగిలిన దానిని — ఎర్రని కిరణాలను — ప్రతిఫలిస్తుంది. అది తనపైన పడే కాంతిని ఏమాత్రమూ గ్రహించక అంతా ప్రతిబింబించినట్టయితే అది తళతళా మెరసే తెల్లని వెండి పెట్టెలాగా కనిపిస్తుంది. వజ్రంతోచేసిన పెట్టె ఏమంత కాంతిని గ్రహించదు. ప్రతిఫలించదు కూడా. అక్కడక్కడా దాని పలకలు కాంతిని ప్రతిఫలిస్తాయి. వక్రీభవన పరుస్తాయి. అందుచేత కొన్ని భాగాలు మెరుస్తూనూ కొన్ని భాగాలు పారదర్శకంగాను కనిపిస్తాయి. ఒకవిధమైన కాంతి పంజరం. గాజుపెట్టె అంతగా మెరవదు, వజ్రపు పెట్టె కనిపించేటంత స్పష్టంగా కనిపించదు. ఎందుకంటే దాని ప్రతిఫలమూ వక్రీభవనమూ తక్కువ ప్రమాణంలో వుంటాయి.... గాజుపలకను నీటిలోగాని అంతకన్న హెచ్చు సాంద్రతగల ద్రవంలో గాని ముంచినట్టయితే అది దాదాపు అదృశ్య మవుతుంది. ఎందుకంటే నీటినుంచి గాజు లోకి ప్రసరించే కాంతి ప్రతిఫలించటం కాని వక్రీభవించటం కాని మరొక రకంగా మార్పుచెందటం కాని చాలా సూక్ష్మంగా మాత్రమే జరుగుతుంది. గాలిలో బొగ్గు పులుసు వాయువు ప్రవాహము హైడ్రోజన్ ప్రవాహము ఎంత అదృశ్యంగా ఉంటాయో గాజు పలక కూడా నీటిలో అంత అదృ శ్యంగానూ ఉంటుంది. రెంటికీ ఒకటే కారణం.



చిత్రం 109. కనిపించని గాజు కడ్డీ.

"నిజమే, అందులో విశేషమేమీ లేదు. యీనాడు ప్రతి విద్యార్థికీ యీ సంగతి తెలుసు" అన్నాడు కెంప్.

"ప్రతి విద్యార్థికి తెలిసిన మరొక సంగతి కూడా ఉన్నది, కెంప్. గాజుపలకను గుండగా నలగగొట్టినట్టయితే అది గాలిలో మరింత స్పష్టంగా కనిపిస్తుంది. దాని పారదర్శ కత్వమంతా పోయి తెల్లటి పొడిలాగా అవుతుంది. ఎందుకంటే గాజుపొడిలో కాంతిని ప్రతి ఫలించే తలాలూ వక్రీభవించే తలాలూ అసంఖ్యాకంగా వుంటాయి. అలాటి ఉపరితలాలు గాజుపలకకు రెండే వుంటాయి. గాజుపొడిలో ప్రతిసలుసూ దేనికదే కాంతిని ప్రతిఫలిస్తుంది.

వక్రీభవిస్తుంది. ఏ ఒక కిరణమూ గాజు పొడిగుండా పూర్తిగా ప్రసారం కాదు. అయితే యీ తెల్లటి గాజుపొడిని నీటిలో వేసిన మరుక్షణం అది అదృశ్యమయి పోతుంది. నీటియొక్క, గాజుపొడియొక్క వక్రీభవన గుణకాలు ఒకే ప్రమాణంలో ఉంటాయి. అంటే కాంతి ఒకదానినుంచి మరొకదానికి ప్రసారమయేటప్పుడు వక్రీభవనం గాని ప్రతిఫలనంగాని అంతగా పొందదు."

"గాజును దాదాపు దానిలాటి వక్రీభవన గుణకమేగల ద్రవంలో ముంచి అదృశ్య మయే లాగా చేస్తాను. ఏ పారదర్శక వస్తువు అయినా, ఇంచుమించు అదే వక్రీభవన గుణకంగల యానకంలో అదృశ్యమవుతుంది. ఒక్కక్షణం ఆలో చించి చూడండి. గాజుపొడియొక్క వక్రీభవన గుణకాన్ని గాలియొక్క వక్రీభవన గుణకంతో సమంగా ఉండేటట్టు చెయ్యగలిగితే అది గాలిలో కూడా అదృశ్యమవుతుంది. ఎందుకంటే అప్పుడు కాంతి గాజుపొడినుంచి గాలికి ప్రసారమయేటప్పుడు ప్రతిఫలనంగాని వక్రీభవనంగాని పొందదు."*

---

* సంపూర్ణపారదర్శకత్వంగల వస్తువును అన్నిపక్కలా అచ్చంగా ఒకేవిధంగా కాంతి వికిరణం కలిగించే "గోడల" మధ్య అమర్చి దాన్ని పూర్తిగా అదృశ్యం చెయ్యవచ్చు. ఒక పక్కగా గోడలో పెట్టిన చిన్న బెజ్జంలోనుంచి చూసినట్టయితే వస్తువు అన్నిభాగాలనుంచి ఒకేరకం కాంతి కనిపిస్తుంది. అందులో మెరిసే భాగాలు, చీకటి భాగాలు ఉండక పోవడంచేత వస్తువు ఉన్నట్టే మనకు తెలియరాదు.

యీ ప్రయోగాన్ని యిలా చెయ్యవచ్చు. తెల్లని అట్టతో అరమీటరు వ్యాసంగల గరాటాను తయారు చేసి చిత్రం 109 లో చూపినట్టుగా 25 వాట్ల బల్బుకు కొంత దూరంలో అమర్చాలి. గరాటా దిగువ భాగంలోనుంచి ఒక గాజుకడ్డీని నిట్టనిలువుగా దూర్చాలి. గాజు కడ్డీ ఏమాత్రము పక్కకు వంగి నిలబడినా అది చుట్టూ కాంతిగల సన్నని నీడలాగనో, లేక చుట్టూ నీడగల సన్నని కాంతి రేఖగానో కనిపించి గాజుకడ్డీని కొద్దిగా కదిపితే ఒకదానినుంచి మరొకదానికి మారుతుంది. అటూ ఇటూ జరిపి కాంతిని గాజుకడ్డీ అంతటా ఒకేవిధంగా పడే స్థానం నిర్ణయించాలి. ఇప్పుడు గరాటా పక్కభాగంలో ఒక సెంటిమీటరు మించని వెడల్పుగల నిలువు రంధ్రం చేసి దానిగుండా చూసినట్టయితే గాజుకడ్డీ కనిపించదు. వక్రీభవన గణకం గాజుకూ గాలికీ ఒకటే కాకపోయినప్పటికి మనం గాజుకడ్డీని చూడలేం. పలకలు పలకలుగా చెక్కిన గాజువస్తువును అదృశ్యంచేసే మరొక మార్గమేమంటే ఒక పెట్టెలోపలి భాగమంతా కాంతిని ప్రతిఫలించే పెయింటు పూసి గాజువస్తువును అందులో ఉంచడం.

''అవునవును. కాని మనిషి గాజుపొడి కాదుగదా!'' అన్నాడు కెంప్.

''కాదు. అంతకంటె చాలపారదర్శకమైనవాడు!'' అన్నాడు గ్రిఫిన్.

''అర్థం లేని మాట!''

''డాక్టరేనా యీ మాట అనేది! ఎంత మతి మరుపు! పదేళ్లలోనే నేర్చుకున్న భౌతికశాస్త్ర జ్ఞానమంతా మరిచారా? పారదర్శకంగా ఉన్న వస్తువులెన్ని అలా కనిపించరో ఒక్కసారి ఆలోచించుకోండి! ఉదాహరణకు, కాగితం పారదర్శకమైన వారలతోనే తయారు అవుతుంది. కాని గాజుపొడి తెల్లగానూ, కాంతినిరోధకంగానూ ఎందుకు కనబడుతుందో అందుకే కాగితం కూడా తెల్లగానూ పారదర్శకంకానట్టూ కనబడుతుంది. తెల్లకాగితానికి నూనెరాసి దాని రంధ్రాలను నూనెతో నింపి వాటిమధ్య ప్రతిఫలనమూ వక్రీభవనమూ జరగకుండా కాగితపు ఉపరితలంమీద మాత్రమే జరిగేటట్టు చేసేసరికి అది గాజులాగా పారదర్శక మయిపోతుంది. ఒక్క కాగితమే కాదు. నూలుగుడ్డలూ, ఊలుగుడ్డలూ, కర్రపీచూ, ఎముకలూ, మాంసమూ, వెంట్రుకలూ, గోళ్లు, నరాలూ ఆమాటకు వస్తే మనిషి నిలువెల్లా పారదర్శకమే – రక్తంలోని ఎర్రరంగూ, జుట్టులోని నల్లరంగూ తప్ప మనిషిలో ప్రతిదీ పారదర్శకమైన రంగులేని ధాతువుతో నిర్మితమైనదే.... చూశారా, ఎంత తక్కువ విష యాలవల్ల మనం ఒకొరొకరికి కనిపిస్తున్నామో!''

దీనికి సాక్ష్యం కేశరహితమైన ''బొల్లి'' జంతువుల ధాతువులు చాలావరకు పారదర్శ కంగా ఉండడమే (వాటి ధాతువులలో ఎలాటి రంగు ఉండదు). ఒక జంతు శాస్త్రవేత్త 1934 వేసవిలో ద్యేత్‌స్కోయె సెలో వద్ద ఒక బొల్లి కప్పను పట్టుకున్నాడు. దాన్ని ఆయన ఇలా వర్ణించాడు. ''దాని పలుచని చర్మమూ, కండర ధాతువులూ పారదర్శకంగా ఉండి వాటి గుండా అస్థిపంజరమూ పొత్తికడుపులోని అంగాలు కనిపిస్తున్నాయి. హృదయకండరం సంకో చించడమూ కడుపులోని పేగుల చలనమూ మరింత బాగా కనిపిస్తున్నాయి.''

వెల్స్ నవలలోని కథానాయకుడు మానవశరీరంలోని సమస్తధాతువులనూ రంగు పదార్థాలనూ (pigments) సైతం పారదర్శకంగా చేసే పద్ధతి కనిపెట్టాడు. ఆ పద్ధతి అవలంబించి అత్యద్భుతంగా తాను పూర్తిగా అదృశ్యుడయిపోయాడు. ఆతరువాత అదృశ్య వ్యక్తికి కలిగిన అనుభవాలు తెలుసుకుందాం.

## అంతర్ధానంలో గల మహత్తర శక్తి

అంతర్ధానంకాగల మనిషికి అంతులేని శక్తులు అలవడతాయని వెల్స్ ఎంతో నైపు ణ్యంతోను హేతువాదంతోను నిరూపించాడు. ఆ మనిషి ఇతరుల కంటపడకుండా ఎక్కడి

కైనా పోయి ఏ శిక్షాలేకుండా ఏ దైనా తస్కరించగలడు. అదృశ్యుడు గనక ఇతరులనుంచి తప్పించుకుంటూ అనేకమంది ఆయుధ ధారులతో ఒంటరిగా పోరగలడు. కనపడే వారందరికీ ప్రమాదం కలిగిస్తూ ఆ అదృశ్యవ్యక్తి ఒక ఊరునంతటినీ జయిస్తాడు. పట్టుకీ కట్టుకీ దొరకని అదృశ్యవ్యక్తి అందరికీ హాని కలుగ చేయగలుగుతాడు. ఎంత జాగ్రత్త పడిన వారినైనా అదృశ్య శత్రువు ముందో వెనకో పట్టుకొని జయిస్తాడు. అందరి మధ్య అంతటి విపక్ష స్థానంలో ఉన్న అదృశ్య వ్యక్తి తనచే అడలు గొట్ట బడిన పురవాసులకి ఈవిధంగా ఉత్తరువు జారీచేస్తాడు:

"పోర్ట్ బర్డాక్ (నగరం) ఇక మీదట రాణి (విక్టోరియా) కిందలేదు, నా అధీనంలో ఉన్నదని పోలీసు కర్నల్‌తో, మిగిలిన వాళ్లతో చెప్పండి.... అదృశ్యవ్యక్తి శకంలో ఇది ప్రథమ సంవత్సరపు తొలిరోజు. నేను ప్రథమ అదృశ్య వ్యక్తిని. ఆరంభంలో పరిపాలన తేలికగా ఉంటుంది. గుణపాఠంగా ఉండ గలందులకు మొదటిరోజున ఒక్కమనిషి మరణ దండన పొందుతాడు — కెంప్ అనేవాడు. ఇవాళే అతనికి మరణం సిద్ధిస్తుంది. ఎక్కడయినా దాక్కోనీ, ఎంతమంది రక్షకులనైనా పెట్టుకోనీ, కావలిస్తే కవచం కప్పుకోనీ, మృత్యువు అదృశ్యమైన మృత్యువు, అతని కోసం వస్తుంది. అతన్ని జాగ్రత్తలు పడనీ, నా ప్రజలకు మరింత నమ్మకం కలుగుతుంది.... చావు బయలుదేరింది. నా ప్రజలారా, అతనికి సాయం వెళ్లకండి, చావు మీ కూడా సంప్రాప్తంకాగలదు."

ప్రారంభంలో విజయం అదృశ్య వ్యక్తిదిగానే ఉంటుంది. ఎంతో ప్రయాసపడిన మీదటనే భీతులైవున్న గ్రామస్తులు తమపైన సంపూర్ణాధిపత్యం సాధించాలని కలలు గన్న తమ శత్రువును వదిలించుకోగలుగుతారు.

## పారదర్శకమైన స్పెసిమనులు

యీ సైన్సు ఫిక్షను నవలకు ఆధారములైన భౌతిక సిద్ధాంతాలు సరి అయినవేనా? నిస్సందేహంగా సరి అయినవే. పారదర్శకమైన యానకంలో పారదర్శకమైన వస్తువు రెంటి వక్రీభవన గుణకాలమధ్యా ఉండే తేడా 0.05 కు తక్కువగా ఉన్నప్పుడు కనబడదు. హెచ్. జి. వెల్స్ "అదృశ్య వ్యక్తి"ని రచించిన పదేళ్లకు ప్రొఫెసర్ డబ్ల్యూ. స్పాల్టిహోల్ట్స్ అనే జర్మను శరీరరచనాశాస్త్రవేత్త వెల్స్ చెప్పినదాన్ని అనుభవంలో సాధించాడు — అయితే సజీవ శరీరాలనుగాక, కళేబరాల స్పెసిమనులను అలా చేశాడు. అలా పారదర్శకం చేయబడిన అంగాలూ, పూర్తి కళేబరాలూ యీనాడు మనకు చాలా మ్యూజియములలో కనిపిస్తాయి.

1911 లో ప్రొ. స్పాల్టిహోల్ట్స్ కళేబరాలకు పారదర్శకత్వాన్ని సాధించిన పద్ధతి సంగ్రహంగా ఇది. నమూనాను బ్లీచ్ చేసి (రంగు పోగొట్టి) కడిగిన మీదట మిథైల్ శాలిసిలేట్‌లో నాన బెడతారు. (యీ మిథైల్ శాలిసిలేట్ వక్రీభవన గుణకం హెచ్చుగా కలిగి, రంగులేని ద్రవం.) యీ ద్రవాన్నే జాడీలలో పోసి వాటిలో సిద్ధ పరచిన ఎలుకలనూ, చేపలనూ మానవ శరీరంలోని అంగాలనూ ఉంచుతారు.

వాటిని పూర్తిగా పారదర్శకం చేసినట్టయితే మనం అసలే చూడలేం. అందుచేత ఎవరికీ ప్రయోజనం ఉండదు. కనుక వాటిని పూర్తి పారదర్శకంగా తయారు చేయ్యప్రయత్నించరు. అయితే కావాలంటే పూర్తి పారదర్శకత్వం కూడా సాధ్యమే.

వెల్స్ చెప్పిన స జీ వ వ్య క్తి పూర్తిగా అదృశ్యుడు కావడానికీ దీనికీ ఎంతో వ్యత్యాసము ఉన్నదిమరి. స జీ వ శరీరంగల ధాతువులు తమ విధులు నిర్వర్తించడంలో అవాంతరం ఏర్పడకుండా వాటిని పారదర్శక ద్రవంలో నానబెట్టడమెలాగో మొదట మనకు తెలియాలి. రెండవ దేమిటంటే ప్రొ. స్పాల్టిహోల్ట్స్ తయారుచేసిన స్పెసిమనులు పారదర్శకంగా ఉన్నాయి కాని అదృశ్యం కాలేదు. వాటికి తగిన వక్రీభవన శక్తిగల ద్రవంలో ఉంచినప్పుడు మాత్రమే ఈ స్పెసిమనుల ధాతువులు అదృశ్యమవుతాయి. గా లి కి గ ల వక్రీభవన గుణకం లాటిది వాటికి మనం కలిగించ గలిగితేనే అవి గాలిలో అదృశ్యమవుతాయి. ఇది ఎలా చేయాలో మనకింకా తెలీదు.

అయితే ఎప్పటికైనా మనం దీన్ని సాధించి వెల్స్ ఊహను వాస్తవం చెయ్యగలుగుతామే అనుకుందాం.

వెల్స్ పూర్వాపరాలు నిశితంగా ఆలోచించి చేసిన రచన ఎంత నేర్పుగా ఉన్నదంటే ఆయన చెప్పినదంతా నమ్మబుద్ధిపుట్టే అదృశ్యవ్యక్తి మానవులందరికన్నా శక్తివంతుడేనని పిస్తుంది.

కాని ఇది ఎంతమాత్రమూ నిజం కాదు.

"అదృశ్య వ్యక్తి" రచయిత, కుశాగ్రబుద్ధి, ఏ మరచిన విషయం ఒకటుంది.

అది ఏమంటే,

## అదృశ్య వ్యక్తి చూడగలడా?

హెచ్. జి. వెల్స్ తన నవలను ప్రారంభించక ముందు యీ ప్రశ్న వేసుకుని ఉండినట్టయితే యీ అద్భుత రసపూరితమైన నవల వ్రాయబడి ఉండేది కాదు.

దీని మూలంగా అదృశ్యుడి అమానుష శక్తుల వ్యవహారమంతా తలకిందులైపోతుంది. ఎందుకంటే అ దృ శ్య వ్య క్తి.... గు డ్డి వా డు అ యి తీ రా లి!

అదృశ్య వ్యక్తి కనిపించక పోవడానికి కారణమేమిటి? అతడి శరీరంలోని అన్నిభాగాలు కళ్లతో సహా పారదర్శకత్వం పొంది గాలికి సమమైన వక్రీభవన గుణకం కలిగి ఉండడమే.

కన్ను ఎలా పని చేసేదీ జ్ఞాపకం చేసుకుందాం. కంటిలోని లెన్సు, నేత్రతిరోరసము మొదలైనవి కాంతికిరణాలను వక్రీభవింప జేసి అక్షి పటలం (రెటీనా) మీద ఎదటగలదృశ్యాల ప్రతిబింబాన్ని పడవేస్తాయి. కాని కంటియొక్క వక్రీభవన శక్తి గాలియొక్క వక్రీభవనశక్తి ఒకటే అయినప్పుడు వక్రీభవనానికి గల ఒకే ఒక కారణం పోతుంది. ఒకే వ క్రీ భ వ న శ క్తి గ ల యా న కా ల లో ఒకదానినుంచి రెండో దానిలోకి మారినప్పుడు కిరణాలు తమ దిశలో ఎలాటి మార్పు చెందవు, అంచేత కేంద్రీకృతం పొందవు. అదృశ్యుని కళ్లలోంచి కంటి కిరణాలు ఏ ఆటంకమూ లేక, వేగంలో మార్పు లేక చొచ్చుకు పోతాయి. ఎంచేతంటే పిగ్మెంటు లేదు గనక ఆ విధంగా అదృశ్యుని మెదడుపై కిరణాలు ఏ రూపాన్నీ కలిగించ లేవు.*

సంగ్రహంగా చెప్పాలంటే అ దృ శ్య వ్య క్తి దే ని నీ చూ డ లే డు. తనకుగల అవకాశాల వల్ల అతనికేమీ ప్రయోజనం వుండదు. లోకాలన్నిటినీ జయించగలననుకునే యీ మనిషి అంధకారంలో తడువుకుంటూ ముష్టి ఎత్తుకోవలసిందే. ఎవరికీ కనబడని మనిషికి ఆ ముష్టి కూడా దొరికే ఆశ లేదు. మన ఎదట ప్రత్యక్షమయేవాడు మానవాతీత శక్తులు కలవాడు కాక పోగా అత్యంత నికృష్ట జీవి, అసమర్థుడు అవుతాడు.**

---

* జంతువులకి ఏమాత్రమైన దృగ్భావం కలగడానికి కాంతి కిరణాలు కంటిలో ఏదో ఒకవిధమైన మార్పు, ఎంతో కొంత మార్పు కలిగిస్తేనేకాని కంటికి చూడడమనేది సాధ్యంకాదు. అంటే కొంత పనిని చేయాలి కనుక కిరణాలలో కంటిచే కొంత భాగమైనా ని రో ధం పొం దా లి. పూర్తి పారదర్శకత్వంగల కన్ను కాంతి కిరణాలను నిగ్రహించలేదు. నిగ్రహిస్తే పారదర్శకమేకాదు. ఆత్మ రక్షణార్థం పారదర్శకమైన శరీరాలు కలిగి ఉండే ప్రాణులన్నింటికీ కళ్లంటూ ఉండే పక్షంలో అవి పూర్తి పారదర్శకత్వం కలిగి ఉండవు. ప్రసిద్ధ సముద్ర శాస్త్రవేత్త మురే ఇలా వ్రాస్తున్నాడు. "నీటి అడుగున సముద్ర మట్టానికి దగ్గరలో ఉండే ప్రాణులలో చాలా వాటి శరీరాలు వర్ణరహితంగానూ పారదర్శకంగానూ ఉంటాయి.... వలలనుంచి బయటికి తీసినప్పుడు సాధారణంగా వాటి చి న్న చి న్న క ళ్లు మా త్ర మే న ల్ల గా క ని పి స్తా యి. వాటి రక్తంలో హెమోగ్లోబిన్ (ఎర్రకణాలకా రంగునిచ్చే పదార్థం) ఉండదు. వాటి శరీరాలు యావత్తూ పూర్తిగా పారదర్శకంగా ఉంటాయి — అందుచేత వాటి ఆకారమే కనబడలేదు.

**యీ విషయాన్ని హెచ్. జి. వెల్స్ కావాలనే కప్పిపెట్టివుండవచ్చు. ఆయన తన సైన్సు ఫిక్షనులో తరుచుగా వాస్తవిక వర్ణనల మాటున ముఖ్యమయిన లోపాలను కప్పివేస్తాడు.

ఆవిధంగా అదృశ్యమవడానికి కావలసిన "మాయ" కోసం వెల్స్ చెప్పిన దారిలో పోవడం వృథా. ఒక వేళ ఆ యత్నంలో సఫలురమే అయినా లక్ష్యం సాధించ లేము.

## సంరక్షక వర్ణము

అయితే అదృశ్యం కావటానికి మరొక పద్ధతి కూడా వున్నది. వస్తువులకు సరిపడే రంగు వేసి అవి కంటికి తెలియరాకుండా చేయవచ్చు. ఈ పద్ధతినే ప్రకృతి తరచూ వాడు తుంది: జీవులకు సంరక్షక వర్ణం ప్రసాదించి అవి తమ శత్రువుల వాత పడకుండా జీవిత సంఘర్షణ కొనసాగించటానికి సహాయపడటానికి ప్రకృతి యీవిధానాన్నే విరివిగా అనుస రిస్తుంది.

మిలిటరీ వాళ్లు "కమెుఫ్లాజ్" (రక్షించే రంగు) అనేదాన్ని జంతుశాస్త్రవేత్తలు డార్విన్ నాటినుంచి "సంరక్షక వర్ణము" అంటున్నారు. జంతువర్గంలో వేలకొద్దీ నిదర్శ నాలున్నాయి. వాటిని మనం అడుగడుగునా చూస్తాం. ఎడారిలో ఉండే ప్రాణులలో హెచ్చు భాగం ఇసుకలాగా పచ్చరంగు కలిగి వుంటాయి — ఉదాహరణకు సింహాలు, పక్షులు, తొండలు, సాలీళ్ళు, క్రిములు. మొత్తానికి అన్ని ఎడారి జీవులూ ఈ రంగు కలిగి ఉంటాయి. అదే ఉత్తర ధ్రువాన ఉండే ప్రాణులను తీసుకున్నట్టయితే — క్రూరమైన తెల్లఎలుగుబంటి మొదలుకొని సాధువైన లూన్ అనే పక్షి జాతి దాకా — అన్నీ తెల్లని రంగు కలిగి ఉండి మంచులో తెలియరాకుండా వుంటాయి. చెట్లమీద జీవించే సీతాకోకచిలుకలు గొంగళీపురుగులూ అచ్చు చెట్టు బెరడు రంగులో వుంటాయి. గొల్లభామ ఒక మంచి ఉదాహరణ.

ప్రకృతి అనుకరణ కారణంగా నమూనాలను కనిపెట్టడం ఎంత కష్టమో పురుగు లనూ కీటకాలనూ పోగు చేసేవాళ్లకు తెలుస్తుంది. మీ కాళ్లముందే కూత పెట్టుతున్న ఆకుపచ్చని మిడతను కనుక్కోలేరు. అది ఆకుపచ్చని గడ్డిలో మాటు మణిగి ఉంటుంది.

నీటిలో ఉండే జంతువులైనా అంతే. గోధుమ వర్ణంగల సముద్రపు నాచుమధ్య జీవించే సముద్ర ప్రాణులన్నీ గోధుమ రక్షక వర్ణం కలిగి ఉండి కంటికి కనపడవు. ఎర్రగా ఉండే నాచులు ఉంటే వాటి ప్రధాన రక్షక వర్ణం ఎరుపు. చేపలకుండే వెండిలాటి పొలు సులు ఆ చేపలను పైన వుండే పక్షులనుంచీ దిగువ లోతులలో వుండే క్రూర జంతువులనుంచి

---

తన నవలల అమెరికను ముద్రణకు ఉపోద్ఘాతం రాస్తూ "పాచిక వేసిన అనంతరం మిగి లినదంతా సహజంగానూ స్వభావ సిద్ధంగాను కనబడేలాగు చూడాలని" ఆయన స్పష్టంగా అన్నాడు. హేతువాదంపైన కాక భ్రమను పోషించటం పైన ఆధారపడాలి ఆయన చెప్పాడు.

కూడా కాపాడుతాయి. నీటి పై భాగం పైనుంచి చూస్తేనే కాక కిందినుంచి చూస్తే కూడా మరింతగా (సంపూర్ణాంతః పరావర్తనం వలన) అద్దంలాగా కనిపిస్తుంది. చేపల పొలుసులు తళతళ నీటి తళతళలో కలసిపోతుంది. ఇది ఇలా ఉండే గాజు చేపలూ, సముద్రపు పురుగులూ గుల్లలూ మోలస్కులూ మొదలైన పారదర్శక శరీరాలుగల జీవులకు రక్షణ ఏరంగూ లేకపోవడమూ, పారదర్శకత్వమూ. వాటి ప్రపంచంలాగే అవి కూడా పారదర్శకంగా వుండి అదృశ్యమవుతాయి.

మనిషి అవలంబించే యుక్తులన్నిటి కన్నా ప్రకృతి అవలంబించే యుక్తులు చాలా మేలైనవి. అనేక ప్రాణులు ప్రకృతిలో కలిగే మార్పులకు అనుగుణంగా రంగు మారుతాయి. వెండిలాగా తెల్లగా వుండే అడవిపిల్లి (ermine) మంచులో కాన రాకుండా వుంటుంది. గాని మంచు కరిగినప్పుడు దానిరంగు కూడా మారకపోతే సంరక్షక వర్ణపు లాభాలన్నీ పోగొట్టుకునేది. వసంతకాలం రాగానే దాని బొచ్చు ఎరుపు కలసిన గోధుమ వర్ణానికి మారి మంచునుంచి బయటపడిన నేలరంగుకు తిరుగుతుంది. తిరిగి శీతాకాలంలో తెల్లబడుతుంది.

## కముఫ్లాజు

తమ శరీరాలని కనబడకుండా, పరిసరాలతో కలిసిపోయేటట్టు చేసుకొనడంలో మనుషులు కల్పనా శక్తిగల ప్రకృతినుంచి పై లాభకరమైన కళను తీసుకున్నారు. పాతకాలపు సైనిక దుస్తులు రంగురంగులుగా వుండి యుద్ధ దృశ్యాలను ఆకర్షవంతం చేసేవి. యీనాడవి పూర్తిగా పోయి సంరక్షకమైన ఒకే రంగులో కాకీ దుస్తులు వచ్చాయి. యుద్ధ నౌకలకు వేసే ప్రత్యేకమైన ఉక్కుబూడిదరంగు రక్షక వర్ణమే. దాని మూలాన సముద్రం మీద యుద్ధ నౌకలు కనబడీ కనబడకుండా వుంటాయి.

దీనికి సంబంధించినదే మిలిటరీ కముఫ్లాజు కూడా: అంటే వేర్వేరు వస్తువులను — ఫిరంగులనూ, స్థావరాలనూ, టాంకులను, నౌకలనూ మాటుపరచడానికి వాటికి వేషాలు వేసి శత్రువును చిక్కులో పడవేయడం. దీనికి గాను కల్పితమైన పొగిమంచు మొదలైన వాటిని వాడతారు. సైనిక శిబిరాలపైన వలలు పరచి హాటిలో గడ్డిదుబ్బులు అమర్చుతారు. సైనికులు తమ యూనిఫారాలపైన గడ్డిరంగూ మట్టి రంగులున్న కేపులను ధరిస్తారు. ఆవిధంగా ఎన్నో చేస్తారు.

ఆధునిక యుద్ధవిమానాలకి కూడా రక్షించేరంగు జోరుగా వాడతారు.

యుద్ధవిమానాల పై భాగాలకు గోధుమ రంగుకాని ముదురు ఆకుపచ్చ రంగుకాని

ఊదా రంగుకాని (నేలరంగుబట్టి) వేస్తే మీదినుంచి చూసినప్పుడు అవి నేలలో కలిసి పోయి వాటిని కనుక్కోవడం కష్టం అవుతుంది.

వాటి అడుగు భాగాలకు లేత నీలం లేక గులాబి లేక తెలుపు (ఆకాశం రంగునుబట్టి) రంగులు వేసి కిందినుంచి చూస్తే కనబడకుండా చేస్తారు. ఈ రంగుని విమానంమీద చిన్న చిన్న చుక్కలుగా వేస్తారు. ఇలా వేసిన రంగులు 750 మీటర్ల ఎత్తున అస్పష్టమైన ఒకే రంగుగా కలిసిపోతాయి. అలాటి వేషం ఉన్న విమానాలు 3,000 మీటర్ల దూరాన అసలే కనబడవు. రాత్రి బాంబులు వేసే విమానాలకు నల్లరంగు వేస్తారు.

ఎలాటి పరిసరాలలో నయినప్పటికీ రక్షణ యిచ్చేది అద్దం లాటి ఉపరి భాగాలు. అవి తమ పరిసరాలను ప్రతిఫలిస్తాయి. అలాటి ఉపరితలాలుగల వస్తువు తన పరిసరాలను అప్రయత్నంగా అనుకరించి దూరాన్నుంచి కానరాకుండా ఉంటుంది. మొదటి ప్రపంచ యుద్ధమప్పుడు జర్మనులు తమ "జెప్పెలిన్" విమానాలకు ఇదే పద్ధతిని వాడుక చేశారు. ఈ విమానాల ఉపరితలానికి అల్యూమినియంలా తళతళ లాడే రంగును పూసేవారు. అవి ఆకాశాన్ని మబ్బులనూ ప్రతిఫలించి ఎగిరేటప్పుడు వాటిని కనిపెట్టడానికి దుస్సాధ్యంగా ఉండేది. వాటి ఇంజన్ల చప్పుడు మాత్రమే వాటిని పట్టి ఇచ్చేది.

అదృశ్యమవడం గురించిన పుక్కిట పురాణగాథలు ప్రకృతిలోనూ యుద్ధతంత్రాల లోనూ యీవిధంగా నిజం చేయబడ్డాయి.

## నీటి అడుగున కన్ను

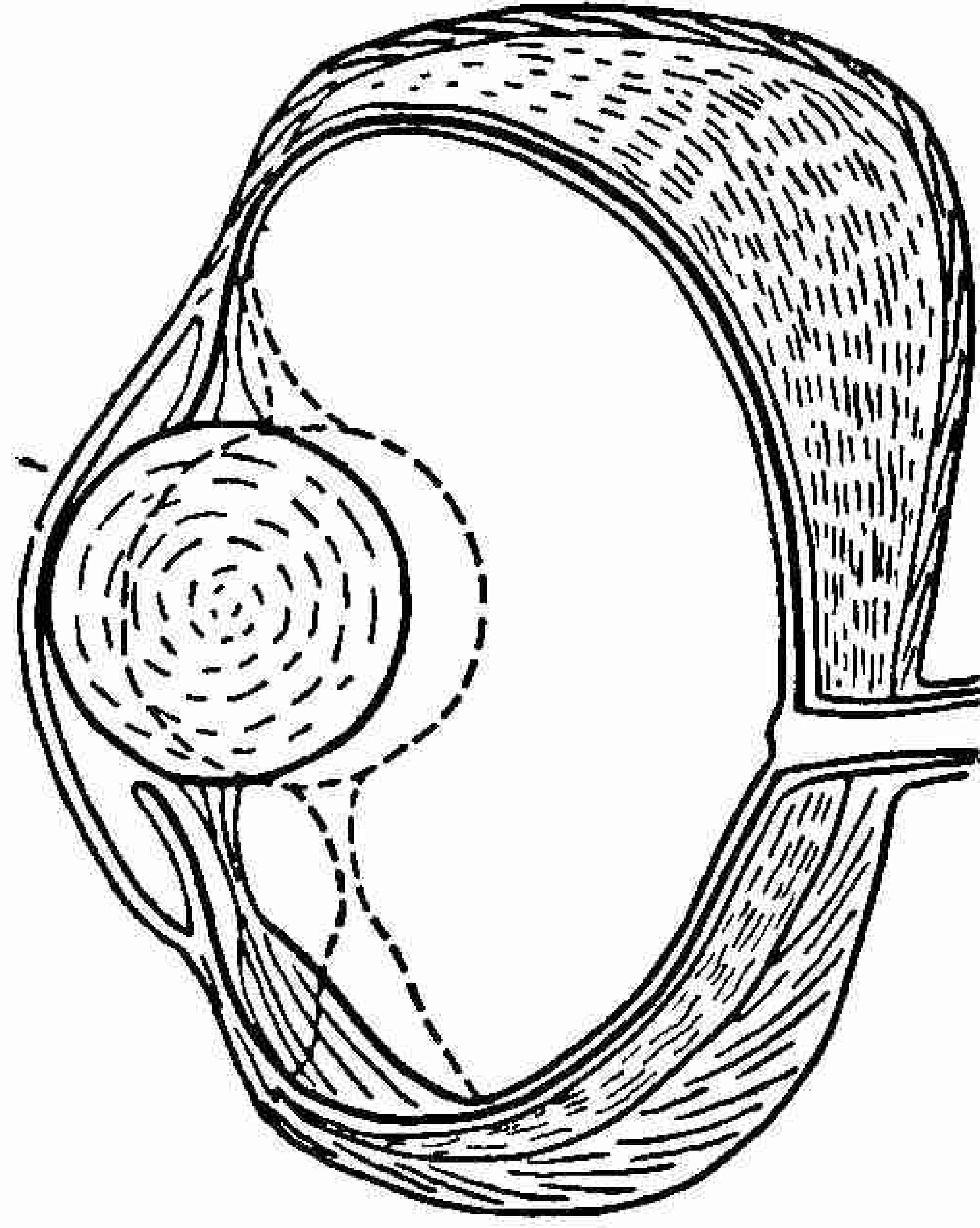
మాటవరుసకు మీరు నీటి అడుగున కళ్లు తెరచుకుని ఎంత సేపయినా వుండగలరను కుందాం. మీకేమైనా కనబడుతుందా?

నీరు పారదర్శకమయినదే కనుక గాలిలో చూడగలిగినట్టుగానే నీటిలో కూడా చూడవచ్చునని మీరు అనుకోగలరు. కాని "అదృశ్య వ్యక్తి"యొక్క అంధత్వాన్ని జ్ఞాపకం చేసుకోండి. తన కళ్లకూ, గాలికీ ఒకే వక్రీభవన గుణకం ఉన్నందువల్ల అతను చూడలేడు. గాలిలో అదృశ్య వ్యక్తికి పట్టిన గతే ఇంచుమించు నీటిలో మనకు కూడా పడుతుంది. ఇది స్పష్టం చెయ్యటానికి కొన్ని సంఖ్యలు చెబుతాను. నీటియొక్క వక్రీభవన గుణకం 1.34 కంటిలోని పారదర్శ యానకాల వక్రీభవన గుణకాలు:

నేత్రతిరోరసము (vitreous humour);
కాచ బింబము (కార్నియా)—1.34
స్ఫటిక బింబము (crystalline lens)—1.43
జలాకార రసము (aqueous humour)—1.34

అంటే స్ఫటిక బింబంయొక్క వక్రీభవన శక్తి నీటి శక్తి కన్న ఒక్క దశాంశం మాత్రమే హెచ్చు. మిగిలిన రసాలకు నీటికీ తేడా లేనే లేదు. అందుచేత నీటి అడుగున ఉన్న కంటిలో కాంతి కిరణాలు రెటీనాకు చాలా వెనుకగా ఫోకసు అవుతాయి. రెటీనా మీద పడే బింబం అలుక్కు పోయి వుంటుంది. దేన్నైనా కష్టంమీదే పోల్చుకోగలం. మరీ హ్రస్వదృష్టికల వాళ్లు మాత్రమే నీటి దిగువన ఇంచుమించు సహజంగా చూడగలుగుతారు.

ద్విపుటకటకాలు గల కళ్లజోడు పెట్టుకున్నట్టయితే నీటిలోపల ఎలా కనిపిస్తుందో స్పష్టంగా తెలుస్తుంది. ఇలాటి అద్దాలు కాంతిని వికిరణ పరచి, కాంతి కిరణాలను రెటీనాను దాటి ఫోకస్ చేస్తాయి, అందుచేత దృశ్యం అలుక్కు పోయినట్టు కనిపిస్తుంది.



చిత్రం 110. చేప కన్ను మధ్యచ్ఛేదం. గోళాకారంగల లెన్సు ఆకారం అవసరాన్ని బట్టి మారదు. అందుకు బదులుగా లెన్సు స్థానం చుక్కలగీతలో సూచించినట్టుగా మారుతుంది.

అయితే నీటి దిగువ హెచ్చు వక్రీభవన శక్తిగల "అద్దాలను" ధరించి దృష్టిని బాగుచేసుకోకూడదా?

మామూలు కళ్లద్దాలకు వాడబడే గాజు అద్దాలవల్ల అంతగా ఉపయోగం ఉండదు. ఎందుకంటే గాజుయొక్క వక్రీభవన గుణకం 1.5 – నీటి దానికన్న (1.34) కొంచెమే హెచ్చు. నీటిలో దాని వక్రీభవన శక్తి చాలా అల్పం. చాలా హెచ్చు వక్రీభవన శక్తిగల ప్రత్యేకమైన అద్దాలు కావాలి ("ఫ్లింటుగాజు"యొక్క వక్రీభవన శక్తి దాదాపు 2) అలాటి అద్దాల సహాయంతో నీటి అడుగున ఇంచుమించు స్పష్టంగా చూడవచ్చు. (నీటిలోకి దిగేవాళ్లు ధరించే ప్రత్యేక అద్దాలను గురించి ముందు చదువుతారు.)

చేప కన్నులోని లెన్సు మరీ కుంభాకారంగా — గోళాకారంగా — ఎందుకుంటుందో ఇప్పుడు మీరు గ్రహించవచ్చు. దాని వక్రీభవన గుణకం మరే ఇతరజంతువుల కళ్లకూ ఉండేదానికన్న హెచ్చు. అలా ఉండకపోయినట్టయితే, వక్రీభవన శక్తి హెచ్చుగా గల పారదర్శకమైన యావ కంలో జీవించే చేపలకు కళ్లు ఉండనవసరమే లేదు.

## డైవర్లు నీటిలో ఎలా చూస్తారు?

నీటిలో మనకళ్లకు దాదాపు వక్రీభవన శక్తే లేకపోతే, ప్రత్యేకమైన నీటి దుస్తులు ధరించి నీటిలో దిగేవారు నీటి దిగువన ఏమున్నదీ ఎలా చూస్తారని మీలో చాలామంది ప్రశ్నించ వచ్చు. నిజానికి, వాళ్లు తలకు తగిలించుకునే శిరస్త్రాణాలలో ఉండేవి గాజు పలకలేగాని, కుంభ కటకాలు కావు. అలాటప్పుడు జూల్స్ వెర్న్ రచించిన ''నాటిలస్''లో వాళ్లు తమ జలాంతర్గామియొక్క అద్దపు కిటికీలగుండా సముద్రం అడుగున ఉండే దృశ్యాలను చూసి ఎలా ఆనందించారు?

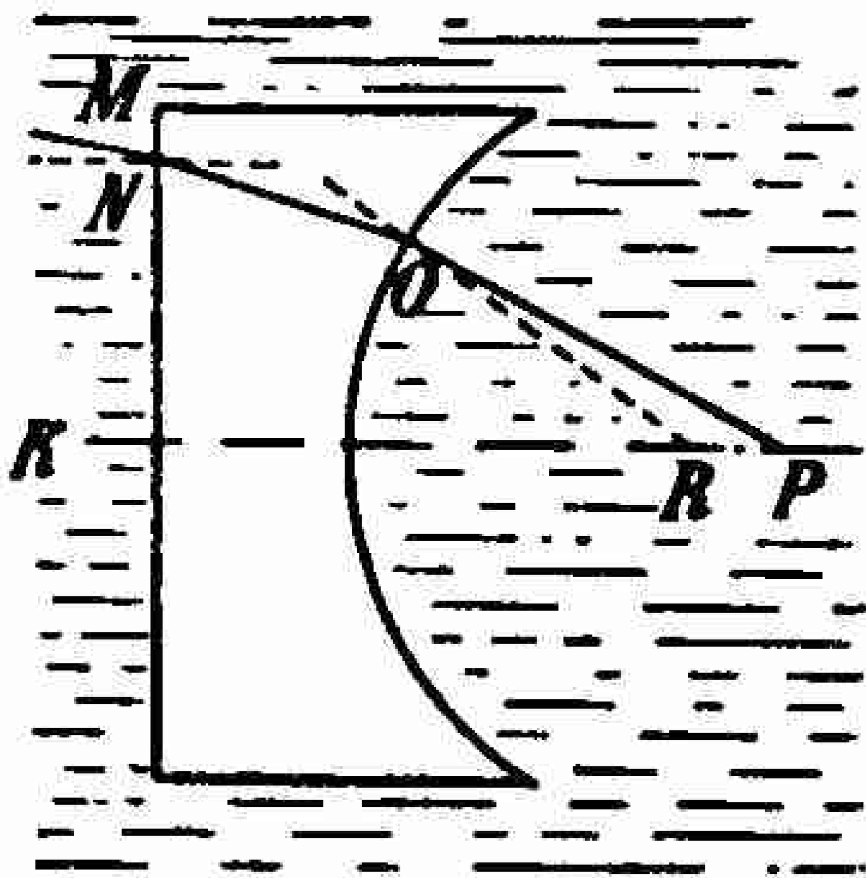
ఇది కష్టమైన ప్రశ్నకాదు. మనం ప్రత్యేక దుస్తులూ, శిరస్త్రాణమూ లేకుండా నీటిలో మునిగినప్పుడు నీరు మన కంటికి నేరుగా సోకుతుంది. నీటిలో దిగే దుస్తులూ, శిరస్త్రాణాలు ధరించినవాడి (''నాటిలస్''లోని వాళ్లు) కళ్లకూ, నీటికీ మధ్య కొంత గాలీ, గాజు పలకలూ అడ్డుంటాయి. ఆ పరిస్థితి వేరు. నీటిలోనుంచి ప్రసారమయ్యే కాంతి గాజులోంచి ప్రసరించి గాలిలో ప్రసారమైన తరవాతనే మన కంటిలో ప్రవేశిస్తుంది. చాతు సశాస్త్ర నియమాల ప్రకారం నీటినుంచి సమాంతర పార్శ్వాలు గల పలకగుండా కాంతి ప్రసారమయేటప్పుడు, కిరణాలు ఏటవాలుగా పడినా, అవి ప్రసారమయే దిశలో మార్పుండదు. కాని కిరణాలు గాలినుంచి కంటిలోకి ప్రసారం కాగానే సహజంగా వక్రీ భవనం పొందుతాయి. కన్ను గాలిలోలాగే తన మామూలు విధిని నిర్వర్తిస్తుంది. మనని బాధపెట్టిన అసంగతంలోని రహస్యం ఇదే. గాజు తొట్టెలో ఉండే చేపలను మనం ఎట్టి శ్రమా లేకుండా చూడగలగడం దీనికి మంచి ఉదాహరణ.

## నీటి దిగువ కటకములు

ఒక చిన్న ప్రయోగం ఎప్పుడైనా చేసారా? ద్వికుంభ కటకాన్ని (భూతద్దాన్ని) నీటిలోపల పెట్టి, నీటిలో మునిగి ఉండే వస్తువులను దానితో చూడటానికి ఎప్పుడైనా యత్నించారా? ప్రయత్నించండి, ఆశ్చర్యపోతారు అది ఆ వస్తువులను అంత పెద్దగా

చూపదు. అదేవిధంగా ద్విపుట కటకాన్ని (వస్తువులను చిన్నదిగా చూపేది) నీటిలో ముంచితే అది కూడా వస్తువులను చిన్నవిగా చేసే శక్తిని పోగొట్టుకుంటుంది. ఇంతేకాదు మనం నీటికి బదులుగా గాజుకన్న ఎక్కువ వక్రీభవన గుణకంగల ద్రవాన్ని ఉపయోగించినట్టయితే ద్వికుంభ కటకంలోనుంచి వస్తువులు చిన్నవిగాను ద్విపుట కటకంలోనుంచి పెద్దవిగాను కూడా కనిపిస్తాయి.

ఈ వింతలు తమ అసాధారణత్వంతో మిమ్మల్ని ఆశ్చర్యపరచకుండా ఉండాలంటే కాంతి వక్రీభవన సూత్రములు జ్ఞాపకం చేసుకోండి. ద్వికుంభ భూతద్దం వస్తువులను ఎందుకు పెద్దవి చేస్తుందీ అంటే అది గాలికన్న హెచ్చుగా కాంతిని వక్రీభవింపజేస్తుంది. అయితే నీటికి భూతద్దానికి మధ్య వక్రీభవన గుణకంలో తేడా చాలా కొంచెం కావడంచేత, భూతద్దాన్ని నీటిలో ముంచినప్పుడు కాంతి కిరణములు నీటినుంచి భూతద్దంలోకి ప్రవేశించేటప్పుడు హెచ్చుగా వక్రీభవనం పొందవు. ఈ కారణంవల్లనే నీటిలో భూతద్దం వస్తువులను అంత పెద్దవిగా చేయదు, పుటకటకం వస్తువులను చిన్నవిగా చేయదు.




చిత్రం 111. నీటిలో దిగేవారి గాగుల్సులో ఉండేవి సమతల పుటాకారపు గాలి లెన్సులు. వక్రీభవనం జరిగేటప్పుడు $MN$ అన్న కిరణం $MNOP$ దారి వెంట ప్రసారమయి లెన్సు లోపల లంబానికి దూరంగా వెళ్లి లెన్సు బయట లంబానికి (అంటే $OR$ కి) చేరువగా వస్తుంది. అందుకే ఈ లెన్సు భూతద్దం లాగ కిరణాలను కేంద్రీకరిస్తుంది

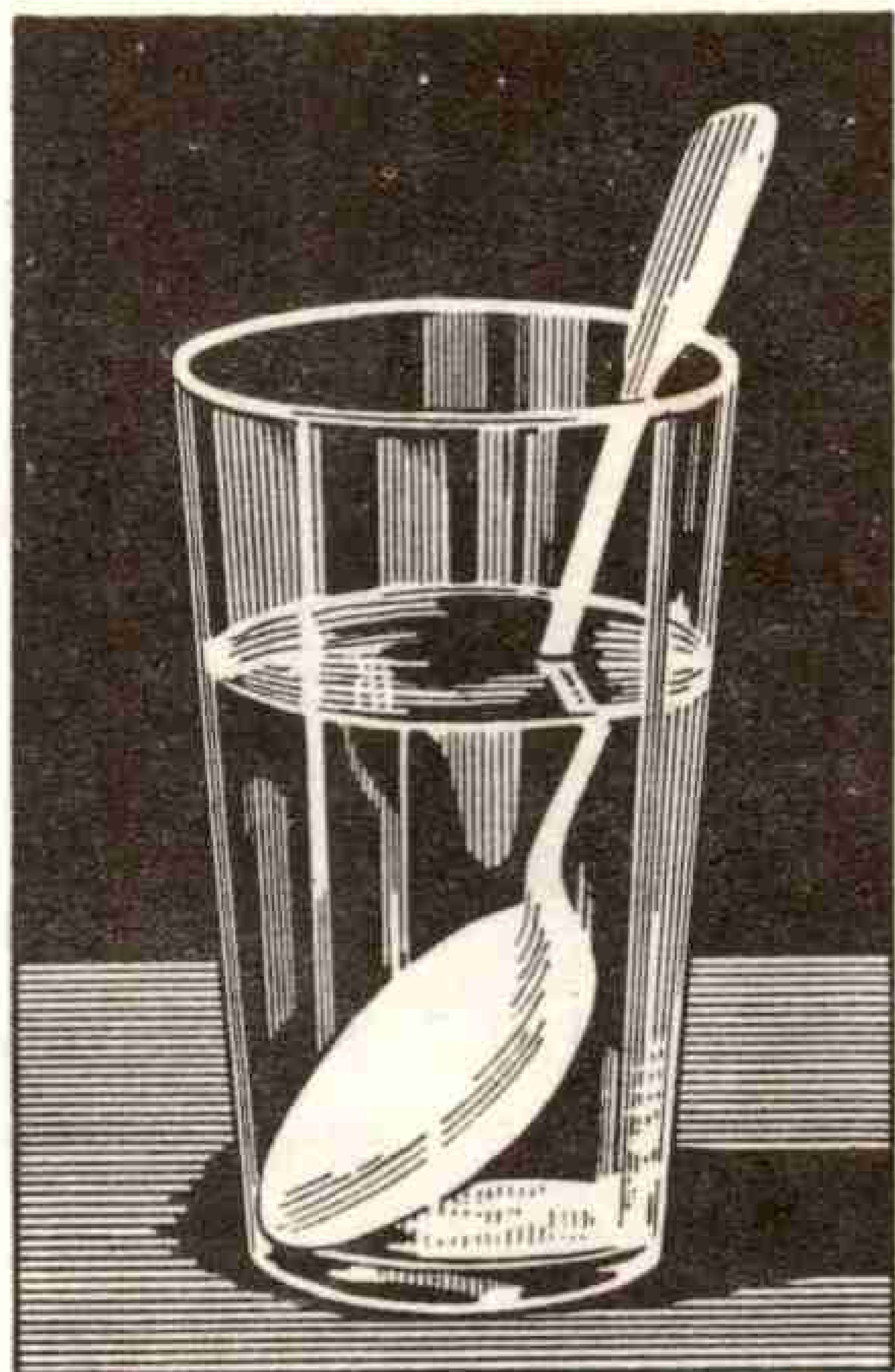
ఉదాహరణకు మోనోబ్రోమ్‌నేఫ్తలీనుకు గాజును మించిన వక్రీభవన శక్తి వున్నది. అందుచేత అందులో భూతద్దాలు వస్తువులను చిన్నవిగా చూపుతాయి. చిన్నవిగా చూపవలసిన పుటకటకాలు వస్తువులను పెద్దవిగా చూపుతాయి. ఖాళీ కటకాలు (నిజానికి గాలితో నిండిన కటకాలు) నీటిలో ఇలాగే పనిచేస్తాయి. పుటకటకాలు వస్తువులను పెద్దవిగాను, కుంభ కటకాలు (భూతద్దాలు) చిన్నవిగాను చూపుతాయి. నీటిలో దిగేవాళ్లు ఉపయోగించే అద్దాలు ఇలాటి "గాలి" లెన్సులుగలవే (చిత్రం 111).

## అనుభవంలేని జలక్రీడాకారులు

అలాటి వారు, వక్రీభవనసూత్రాలయొక్క ఫలితాన్నొకదాన్ని ఉపలక్షించి తరుచుగా ప్రమాదాన్ని ఎదుర్కొంటారు. వక్రీభవనం కారణంగా నీటి అడుగున ఉండే ప్రతివస్తువు

వాస్తవంగా ఉండే దానికన్న మీదుగా ఉన్నట్టు కనిపిస్తాయని వారికి తెలియదు. మడుగులూ, నదులూ, మొదలైనవాటి లోతు మనకంటికి మూడింత ఒకవంతు తక్కువ ఉన్నట్టుగా కనిపిస్తుంది. (గజం లోతు నీరు రెండడుగులు లోతే ఉన్నట్టు కనిపిస్తుంది.) ఈ చిన్న భ్రమవల్ల సాధారణంగా మనుష్యులు ప్రమాదంలో చిక్కుకుంటారు. చిన్న పిల్లలూ పొట్టి వాళ్లు ముఖ్యంగా ఈ సంగతి తెలుసుకొని వుండాలి, లేనిపక్షంలో నీటిలోతు అంచనాకట్టడంలో జరిగే పొరపాటు ప్రాణంమీదికి వస్తుంది.

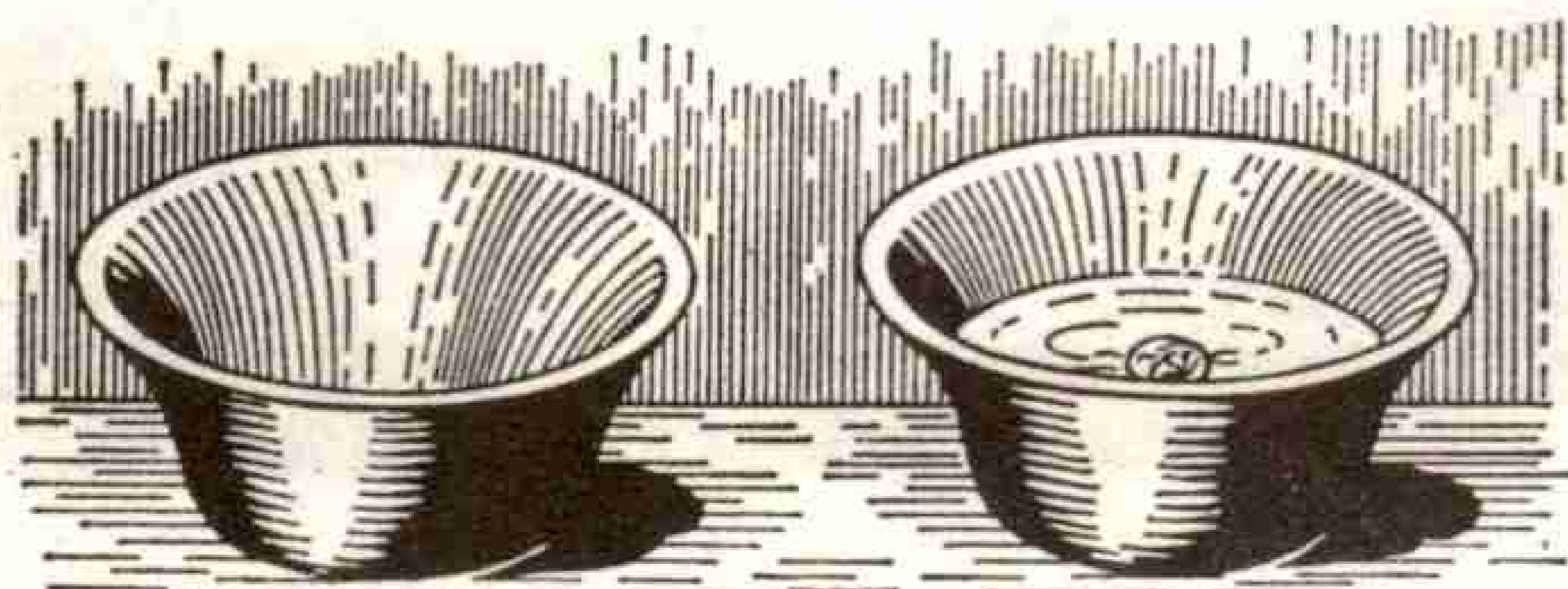
ఈ విషయానికి కారణం — కాంతి కిరణాల వక్రీభవనం. ఏ చాక్షుషశాస్త్ర సిద్ధాంతం ప్రకారం నీటి గ్లాసులో వుండే చంచా వక్రంగా కనిపిస్తుందో (చిత్రం 112) ఆ సిద్ధాంతాన్నిబట్టే మడుగుల అడుగుభాగాలు మీదుగా వున్నట్టు కనిపిస్తాయి.



చిత్రం 112. నీటిగ్లాసులో వక్రంగా కనిపించే చంచా దృశ్యం.

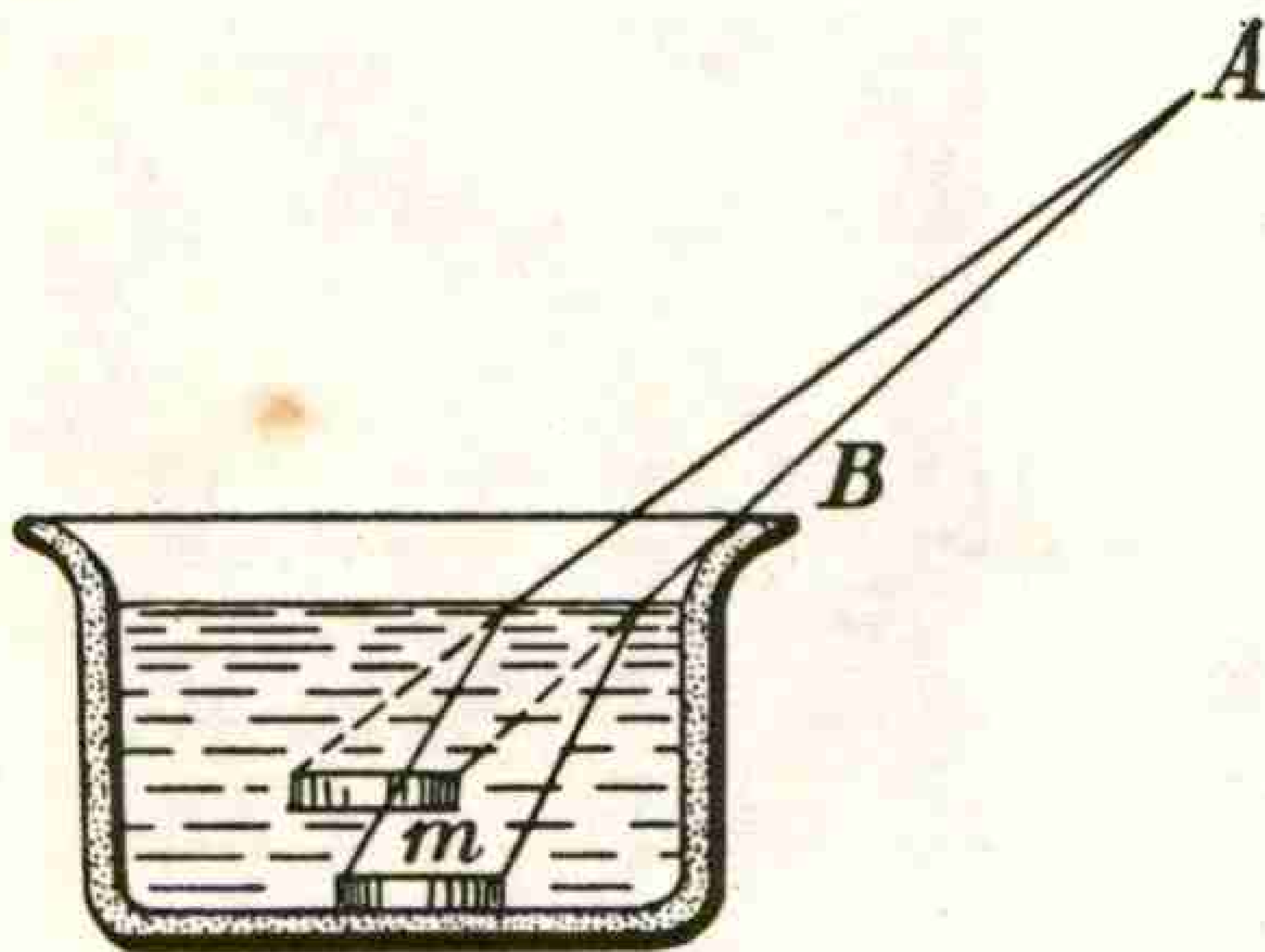
దీన్ని మీరు ఈవిధంగా నిరూపించవచ్చు.

మీ స్నేహితుణ్ణి బల్లవద్ద కూర్చోబెట్టి, అతనిముందు ఒక గిన్నె ఉంచండి. గిన్నె అడుగు అతనికి కనిపించరాదు. అందులో ఒక నాణెం ఉంచితే గిన్నె గోడ అడ్డువచ్చి మీ స్నేహితుడికి అది కనపడదు. తరవాత స్నేహితుడ్ని బుర్ర కదపొద్దని చెప్పి ఆ గిన్నెలో నీరు పొయ్యి. ఆశించని ఫలితం! నాణెం పూర్తిగా అతని దృక్పథంలోకి వస్తుంది. పిచికారుతో గిన్నెలోని నీరు లాగివెయ్యి, నాణెం తిరిగి కనబడకుండా పోతుంది (చిత్రం 113).



చిత్రం 113. గిన్నెలో నాణెం ప్రయోగం.

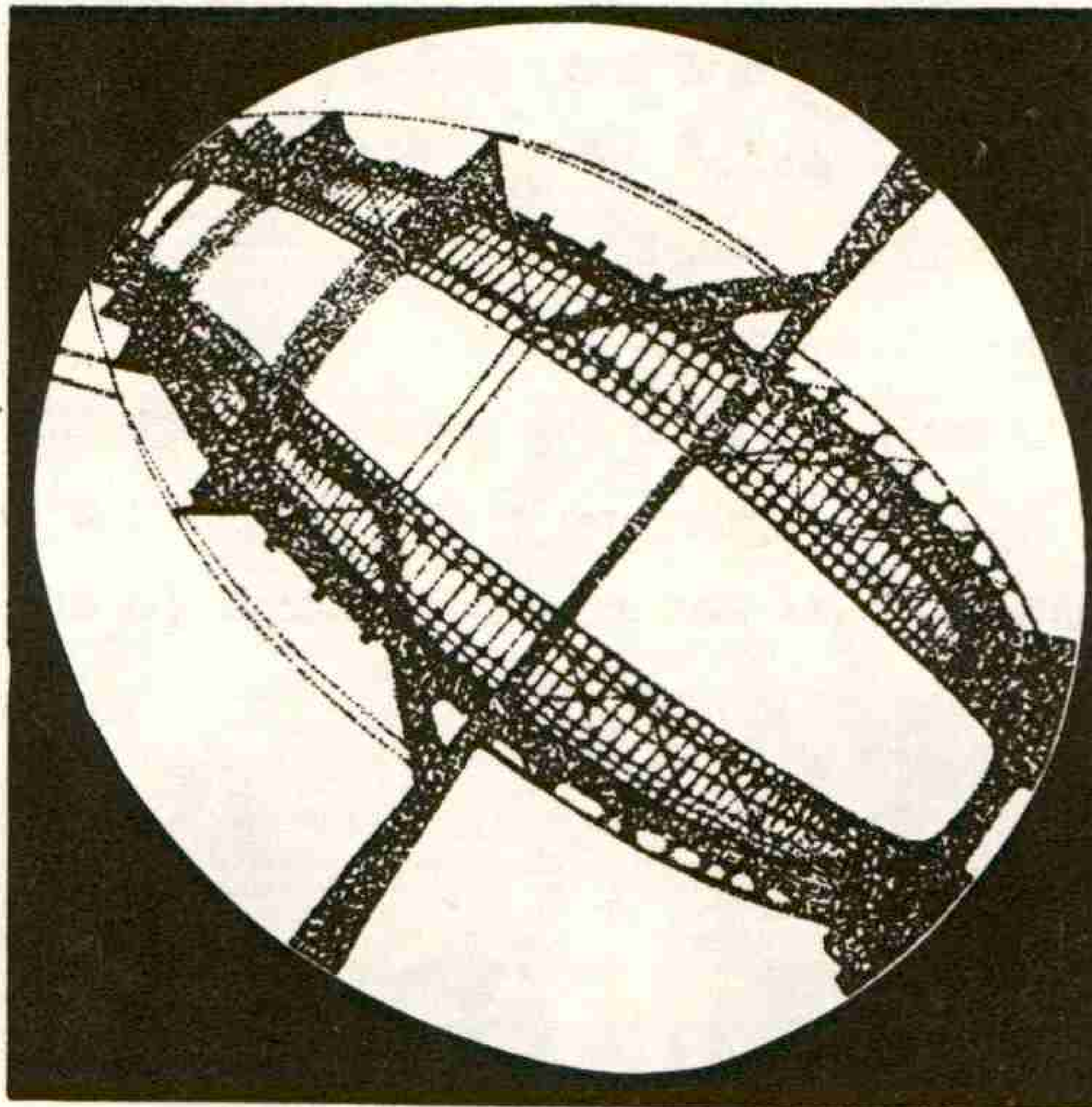
ఇది ఎలా జరుగుతుందో చిత్రం 114 చూస్తే స్పష్టమవుతుంది. *A* వద్ద ఉండే కంటికి *m* అనే నాణెం పైకి లేచి కనబడుతుంది. నీటినుంచి గాలిలోకి వెలువడేటప్పుడు కిరణాలు చిత్రంలో చూపినట్టుగా వంగి కంటిని చేరుతాయి. వంగిన కాంతిరేఖలకు సూటిగా ఉండేచోట అనగా అది వాస్తవంగా ఉన్నచోటకన్నా ఎత్తున, నాణెం ఉన్నట్టు కన్ను భావిస్తుంది.




చిత్రం 114. చిత్రం 113 లో నాణెం పైకి వచ్చినట్టు కనబడడానికి కారణం.

కాంతికిరణాలు ఎంత ఏటవాలుగా వంగితే నాణెం అంతపైకి లేచినట్టుగా కనబడుతుంది. అందుచేతనే మనం బోటులోనుంచి సమతలంగా ఉన్న మడుగు అడుగున చూచినట్లయితే బోటుదిగువన ఉన్న ప్రాంతంకంటె దూరంగా వున్నది ఎత్తుగా వున్నట్టు కనిపిస్తుంది.

ఆవిధంగా మనకి మడుగు అడుగు పుటాకారంగా కనిపిస్తుంది. అదే మనం నీటి అడుగున ఉండి, పైనున్న వంతెన చూసినట్లయితే అది కుంభాకారంగా

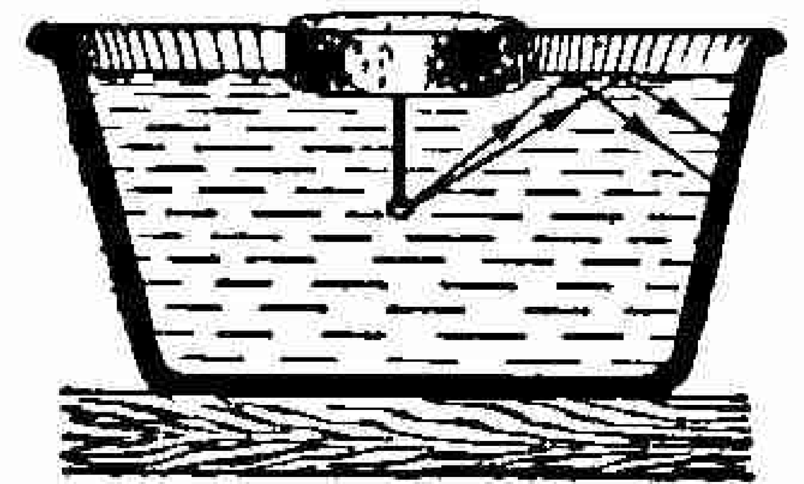


చిత్రం 115. నదిలో మునిగిన వాడికి ఎగువన ఉండే రైలు వంతెన ఇలా కనబడుతుంది. (ప్రొఫెసర్ వుడ్ తీసిన ఫోటో ఆధారం.)

ఉన్నట్టు కనిపిస్తుంది (చిత్రం 115 చూడండి; ఈ ఫోటో ఎలా తీసినది తరువాత చెపుతాను). ఈ సందర్భంలో కిరణాలు తక్కువ వక్రీభవనశక్తిగల యానకం (గాలి) నుంచి ఎక్కువ వక్రీభవనశక్తిగల యానకాని (నీరు)కి ప్రసరిస్తాయి, అందుచేత నీటినుంచి కిరణాలు గాలిలోకి ప్రసారమైతే కలిగే ఫలితానికిది విరుద్ధంగా ఉంటుంది ఫలితం. ఈ కారణంచేతనే నీళ్ల తొట్టెలో ఉండే చేపకు తొట్టెపక్కన బారుగా నిలబడిన మనుష్యులు సూటిరేఖలో ఉన్నట్టుగాక, వర్తులరేఖలో నిలబడినట్టూ, దాని "ఉబ్బు" తనకు సమీపంలో ఉన్నట్టు కనిపిస్తుంది. చేపలు ఎలాచూస్తాయో అంటే వాటికి మనలాటి కళ్లువుంటే వాటి దృష్టి ఎలావుంటుందో, త్వరలోనే మరింత వివరంగా చర్చిద్దాం.

## కనపడని గుండుసూది

ఒక గుండ్రని బెండుపలకలో గుండుసూది గుచ్చి, గుండుసూది నీటిలో మునిగి ఉండేటట్టుగా బెండును నీటిపై తేల్చండి. బెండు మరీ వెడల్పైనది కాకపోయినా తల ఎంతగా వంచిచూచినా గుండుసూదిని చూడలేరు. గుండుసూది చాలినంత పొడుగైనదనీ, బెండు దానికి అడ్డు రాకూడదనీ మీకు అనిపించవచ్చు (చిత్రం 116).



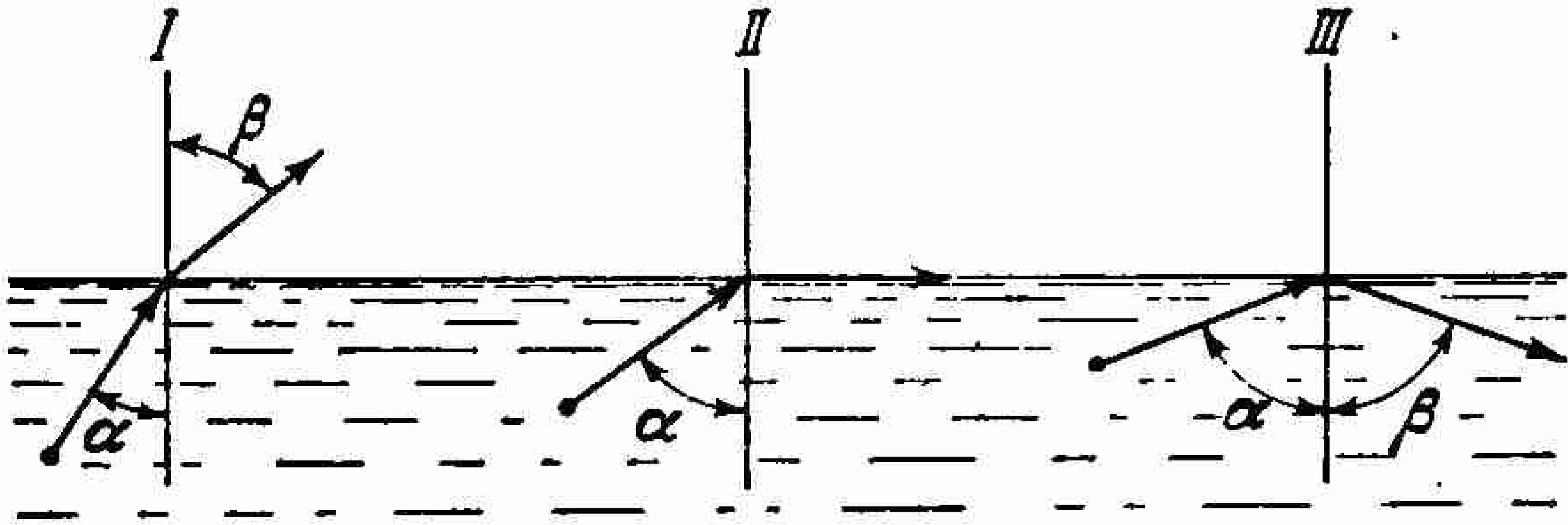
చిత్రం 116. కనబడని గుండుసూది.

గుండుసూదినుంచి వచ్చే కిరణాలు మీకంటికి ఎందుకు చేరవు? ఎందుకంటే అవి భౌతికశాస్త్రవేత్తల పరిభాషలో "సంపూర్ణాంతః పరావర్తనం" చెందుతాయి.

ఈ ప్రక్రియ ఏమిటో జ్ఞాపకం చేస్తాను.

నీటినుంచి గాలిలోకి (వక్రీభవనశక్తి హెచ్చుగాగల యానకంనుంచి తక్కువగాగల యానకానికి) గాలినుంచి నీటిలోకి కిరణాలు ఎలా ప్రసారమయ్యేది చిత్రం 117 చూపుతుంది. గాలినుంచి నీటిలోకి ప్రవేశించే కిరణం పతన లంబానికి మరింత దగ్గర అయేలాగా వంగుతుంది. ఉదాహరణకు, నీటిని పతన లంబానికి $\beta$ అన్న కోణంలో తాకే కిరణం వంగి $\alpha$ కోణంలో నీటిలో ప్రవేశిస్తుంది. $\beta$ కన్న $\alpha$ చిన్నదిగా వుంటుంది. (చిత్రం 117, I లో బాణపు గుర్తులు విరుద్ధంగా ఉన్నట్టు భావించండి). అయితే పతన కిరణం నీటి మట్టం వెంబడి పతన లంబానికి ఇంచుమించు సమకోణంలో పతన మయితే ఏంజరుగుతుంది? అది సమకోణం కన్న తక్కువ కోణంలో వాస్తవానికి 48.5 డిగ్రీలలో నీటిలో ప్రవేశిస్తుంది. 48.5 డిగ్రీల కన్న హెచ్చు కోణంలో కిరణాన్ని నీటిలో

ప్రవేశింప చేయటం అసంభవం. అది నీటికి సందిగ్ధ కోణం (critical angle). వక్రీభవన సూత్రంపైన ఆధారపడే అతివిచిత్రమైన ఫలితాలను దిగువ చర్చిస్తాం, వాటిని అవగాహన చేసుకోవాలంటే పైన చెప్పిన అంశాలను అర్థం చేసుకుతీరాలి.




చిత్రం 117. నీటినుంచి గాలిలోకి వెలువడే కిరణం పొందే వక్రీభవనాలు. సందర్భం II లో కిరణం నీటి మట్టాన్ని సందిగ్ధ కోణంలో తాకి నీటి మట్టం వెంబడి వెలువడుతుంది. III లో సంపూర్ణాంతః పరావర్తనం జరుగుతుంది.

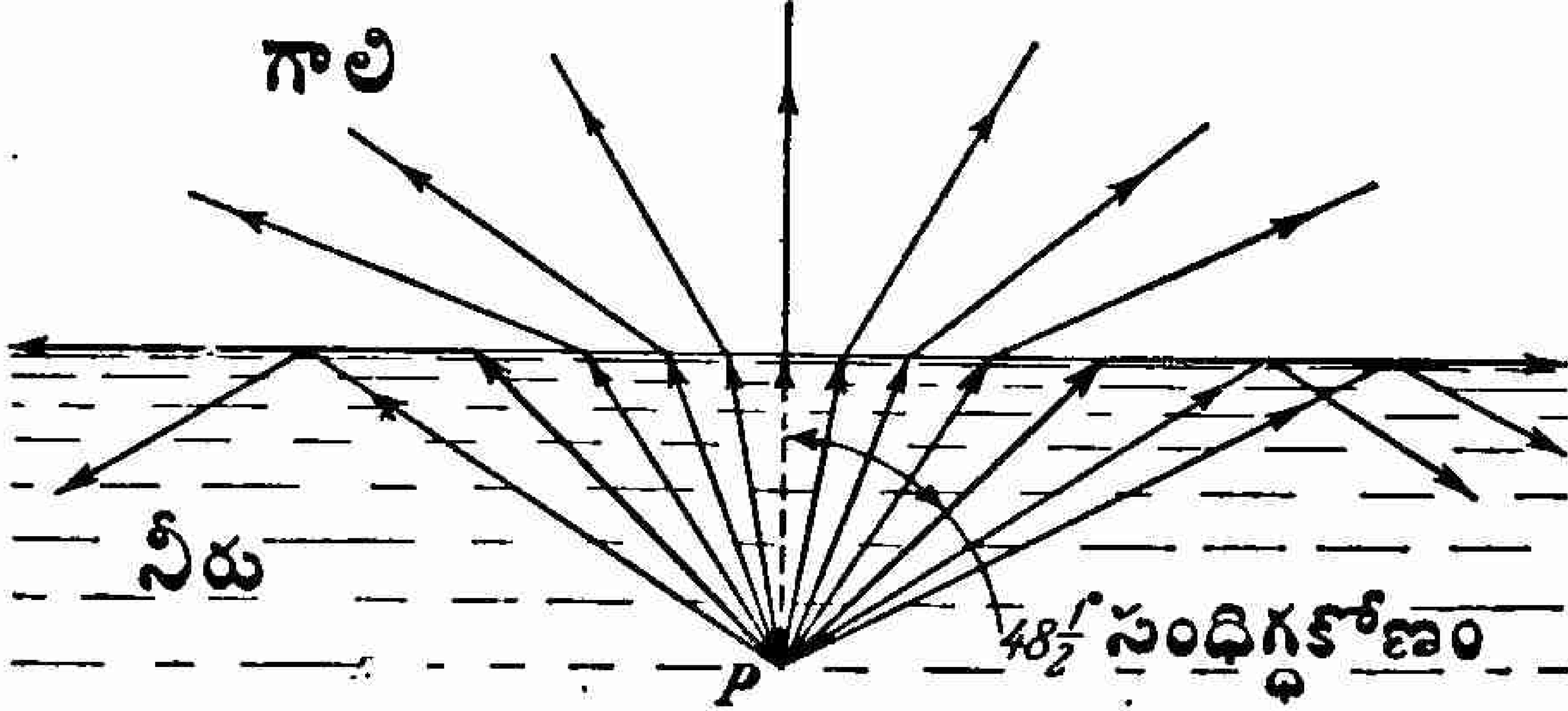
నీటిపైన అన్ని కోణాలలో పడే కిరణాలు $48.5+48.5=97°$ కోణం గల కోను ఆకారంలో కేంద్రీకరించుకుంటాయని మనం ఇప్పుడే తెలుసుకొని ఉన్నాం. కిరణాలు నీటినుంచి గాలిలోకి పోయేటప్పుడు ఏంజరుగుతుందో చూద్దాం (చిత్రం 118). చాక్షుషశాస్త్ర నియమానుసారం కిరణాలు ఎటుగా వచ్చాయో అటుగానే పోతాయి. ఇంతకు ముందు చెప్పిన $97°$ కోణంగల కోనునుంచి వెలువడే కిరణాలు గాలిలో అన్నిపక్కలకూ, నీటిపైన $180°$ల అర్ధవలయంలో ప్రసారమవుతాయి.

ముందు చెప్పిన కోను వెలుపలనుంచి వచ్చే నీటికింది కిరణాలు ఎటు పోయేటట్టు? అవి గాలిలోకి ప్రవేశించనే ప్రవేశించవు. అవి నీటి మట్టంనుంచి అద్దంమీద లాగా, ప్రతిఫలిస్తాయి. స్థూలంగా చెప్పాలంటే నీటికి సందిగ్ధకోణంకన్న (అంటే $48.5°$ కన్న) హెచ్చుకోణంలో నీటిని తాకే ప్రతి కిరణమూ వక్రీభవనాన్ని పొందక పరావర్తనం పొందుతుంది. భౌతిక శాస్త్రవేత్తలు చెప్పినట్టు అది "సంపూర్ణాంతః పరావర్తనం" చెందుతుంది.*

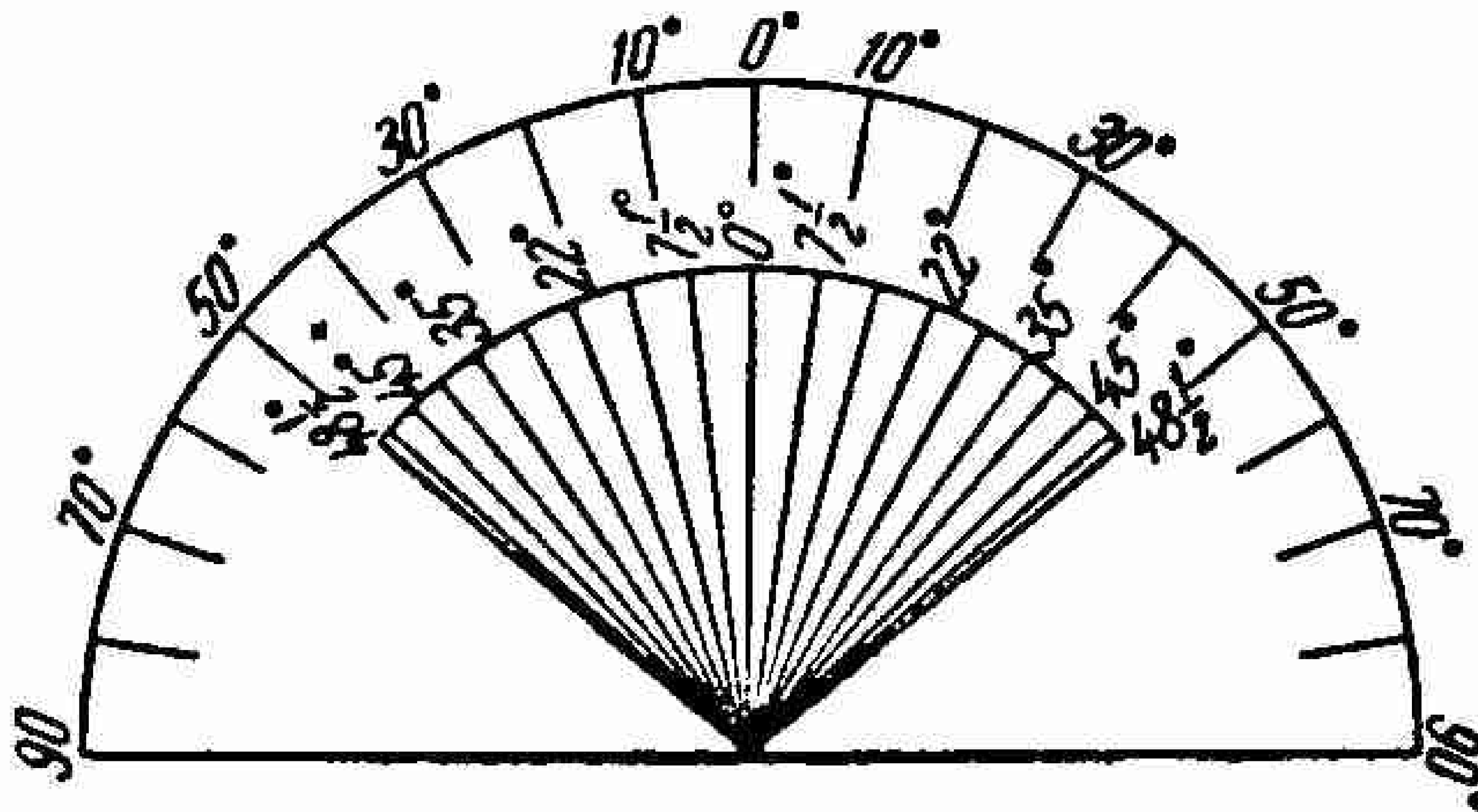
---

*సంపూర్ణం అనడం దేనికంటే పతనమయే ప్రతి కిరణమూ ప్రతిఫలనం పొందు తుంది. ఎంత ఉత్తమమైన దర్పణమైనా — పాలిష్ చేసిన మెగ్నీషియం లేక వెండితో తయారయినవి సైతం, తమపైన పడే కిరణాలలో కొన్నిటిని మాత్రమే ప్రతిఫలించి మిగిలినవాటిని సంగ్రహిస్తాయి. కనుక నీరు పై సందర్భాలలో ఆదర్శప్రాయమైన దర్పణం.

చేపలు భౌతికశాస్త్రాన్ని చదివే పక్షంలో వాటికి చాక్షుషశాస్త్రంలో ప్రధానాంశం సమగ్ర పరావర్తన సిద్ధాంతమవుతుంది. ఎందుకంటే నీటి అడుగున చేపలదృష్టికి అది అత్యంత ప్రాముఖ్యం గలది.




చిత్రం 118. *P* అనే బిందువునుంచి వెలువడే కిరణాలలో సందిగ్ధకోణం (నీటికి 48.5 డిగ్రీలు) కన్న హెచ్చుకోణం గలవి నీటినుంచి వెలువడక తిరిగి నీటిలోకే పరావర్తన చెందుతాయి.



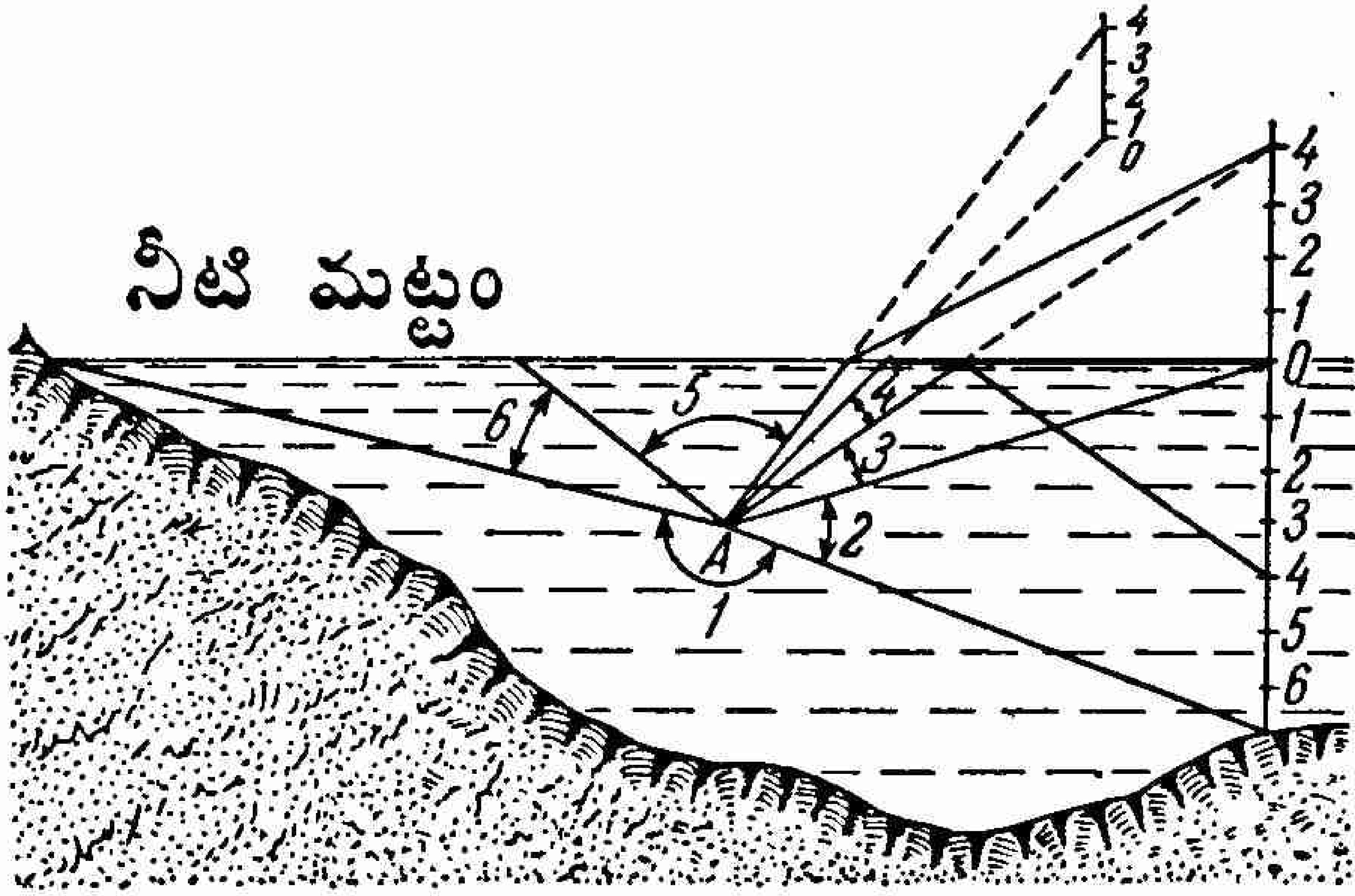

చిత్రం 119. నీటి దిగువనుంచి చూసేవారికి 180° వైశాల్యంగల బైటి ప్రపంచం 97° లలో ముడుచుకుంటుంది. నడినెత్తినుంచి (0°) పక్కలకు వచ్చినకొద్దీ సంకోచం హెచ్చుతుంది.

నీటి అడుగున దృష్టికిగల ప్రత్యేకతలకి, చేపల పొలుసులు వెండిలాగా మెరవడానికి సన్నిహిత సంబంధం వుండవచ్చు. నీటి "కప్పు" మెరవడాన్ని అనుకరించడం ద్వారా చేపల పొలుసులకా రంగు ఏర్పడిందని జంతుశాస్త్రవేత్తల వాదం. కింది నుంచి చూస్తే "సంపూర్ణాంతః పరావర్తనం" కారణంగా నీరు అద్దంలాగా మెరుస్తుందని మనకు తెలుసు. యీ మెరుపులో పొలుసులుగల చేపలు తమను భక్షించే పెద్ద చేపల కంటబడకుండా ఉండగలుగుతాయి.

# నీటి దిగువనుంచి దృశ్యాలు

నీటి అడుగునుంచి మనం ప్రపంచాన్ని చూసినట్టయితే అది ఎంత విపరీతంగా కనిపిస్తుందో చాలా మందికి కొంచెం కూడా తెలియదని నా నమ్మకం. ప్రపంచం పోల్చుకొన వీలు లేకుండ మారిపోవాలి.

మీరు నీటి దిగువన ఉండి నీటిపైన ఉండే ప్రపంచాన్ని చూస్తున్నారనుకోండి. సూటిగా నడినెత్తైన ఉండే మబ్బులు మామూలుగానే కనిపిస్తాయి. ఎందుకంటే లంబ

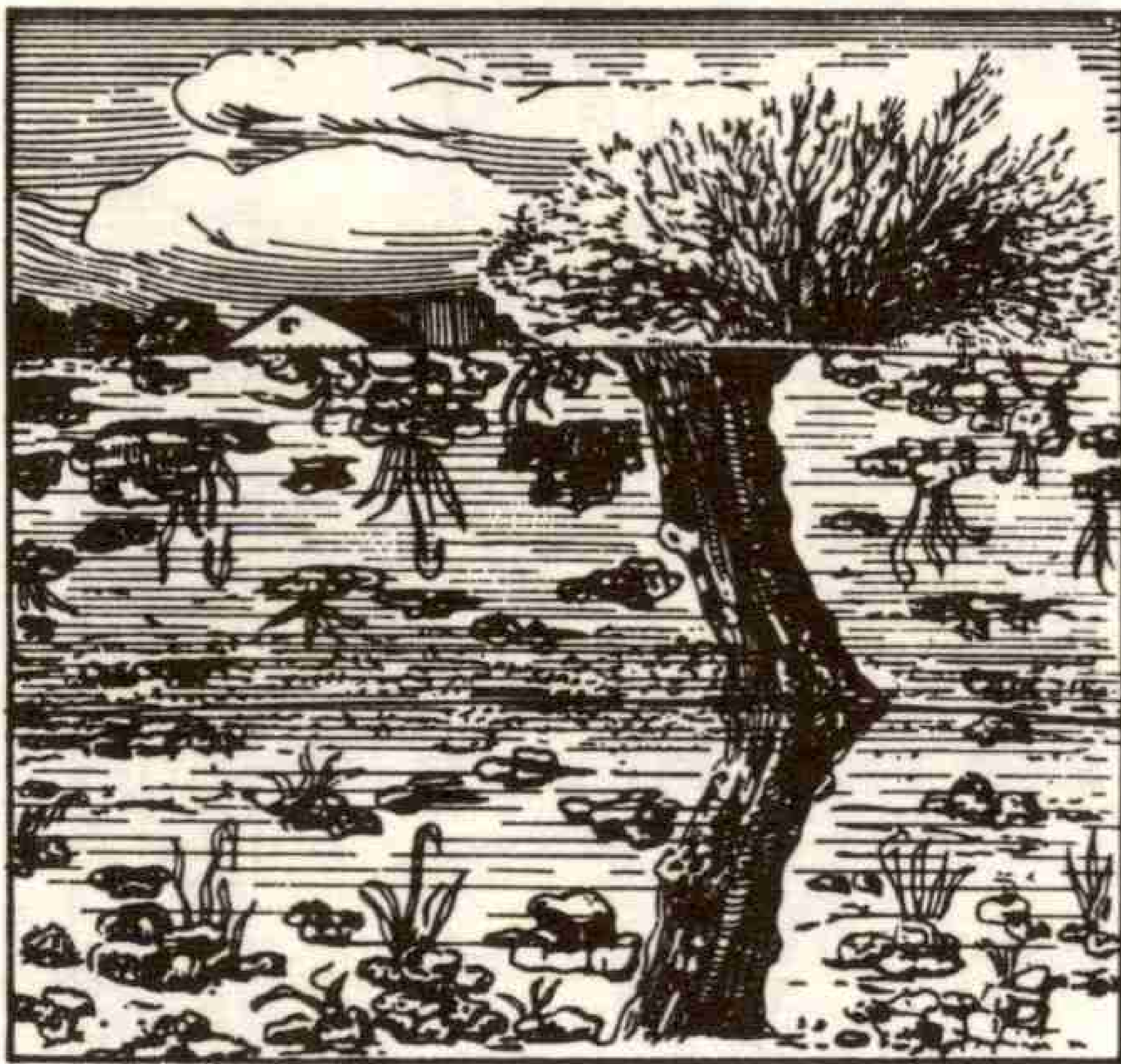



చిత్రం 120. నీటి దిగువన $A$ వద్ద కన్నుంచి చూసేవాడికి నీటి మట్టం కొలిచే గేజి కనబడే పద్ధతి. కోణం 2 లో నీటిలో మునిగి ఉన్న గేజిభాగం అస్పష్టంగా కనిపిస్తుంది. కోణం 3 లో నీటిలోపలికి ఉండే ఆ భాగం తాలూకు ప్రతిబింబం కనబడుతుంది. ఇంకా ఎగువగా చూస్తే గేజిలో నీటికి ఎగువగా ఉన్న భాగం సంకోచం పొంది మిగిలిన గేజికి ఎడంగా కనబడుతుంది. కోణం 4 లో అడుగుయొక్క ప్రతిబింబం కనబడుతుంది. కోణం 5 లో నీటివెలుపలి దృశ్యం సూచి గొట్టపు ఆకారంలో కనిపిస్తుంది. కోణం 6 లో నీటి దిగువ భాగంయొక్క ప్రతిబింబం కనబడుతుంది. కోణం 1 లో నీటి అడుగు మసకగా గోచరిస్తుంది.

కోణంలో ప్రసరించే కిరణాలు వక్రీభవనం చెందవచ్చు. కాని మిగిలిన వస్తువులన్నీ వక్రంగానే కనిపిస్తాయి — వాటినుంచి వచ్చే కిరణాలు నీటిపైన ఏటవాలుగా పడతాయి. కిరణాలు ఎంత ఏటవాలుగా ఉంటే వాటిని ప్రసరించే వస్తువులు అంత కుదించుకు పోయినట్టు కనిపిస్తాయి. నీటికి పైన $180^\circ$ ల మేర విస్తరించుకుని వున్న దృశ్యాలన్నీ నీటి దిగువన

$97^{\circ}$ కోనులో ఇమడాలి కనక ఇలాకావడంలో ఆశ్చర్యం ఏమీ లేదు. దృశ్యాలన్నీ ఇంచుమించు సగం జాగాలోకి కుదించుకు పోవడంచేత వస్తువులు వ్రకంగా కనిపించక తప్పదు. $10^{\circ}$ లలో నీటిని తాకే కిరణాలను ప్రసారం చేసే వస్తువులు నీటి దిగువనుంచి చూసే వాడికి ఎంతగా కుదించుకుని కనిపిస్తాయంటే వాటిని గుర్తించటం చాలా కష్టం.

కాని, నీటి దిగువనుంచి చూసేవాడికి అమిత ఆశ్చర్యంగా కనిపించేది నీటి ఉపరితలము. అది మట్టంగా వుండక కోను ఆకారంలో కనిపిస్తుంది. మనం ఒక పెద్ద గరాటు అడుగున ఉన్నట్టూ దాని పక్కలు లంబకోణానికి కొద్దిగా ఎక్కువ ($97^{\circ}$) కోణంలో వున్నట్టు కనిపిస్తుంది. దాని పైభాగాన ఇంద్రధనస్సులోని ఎరుపు, పసుపు, ఆకుపచ్చ, నీలం, ఊదా రంగులతో కూడిన అంచు కనిపిస్తుంది. దీనికి కారణమేమంటే సూర్యుడి తెల్లని కాంతిలో



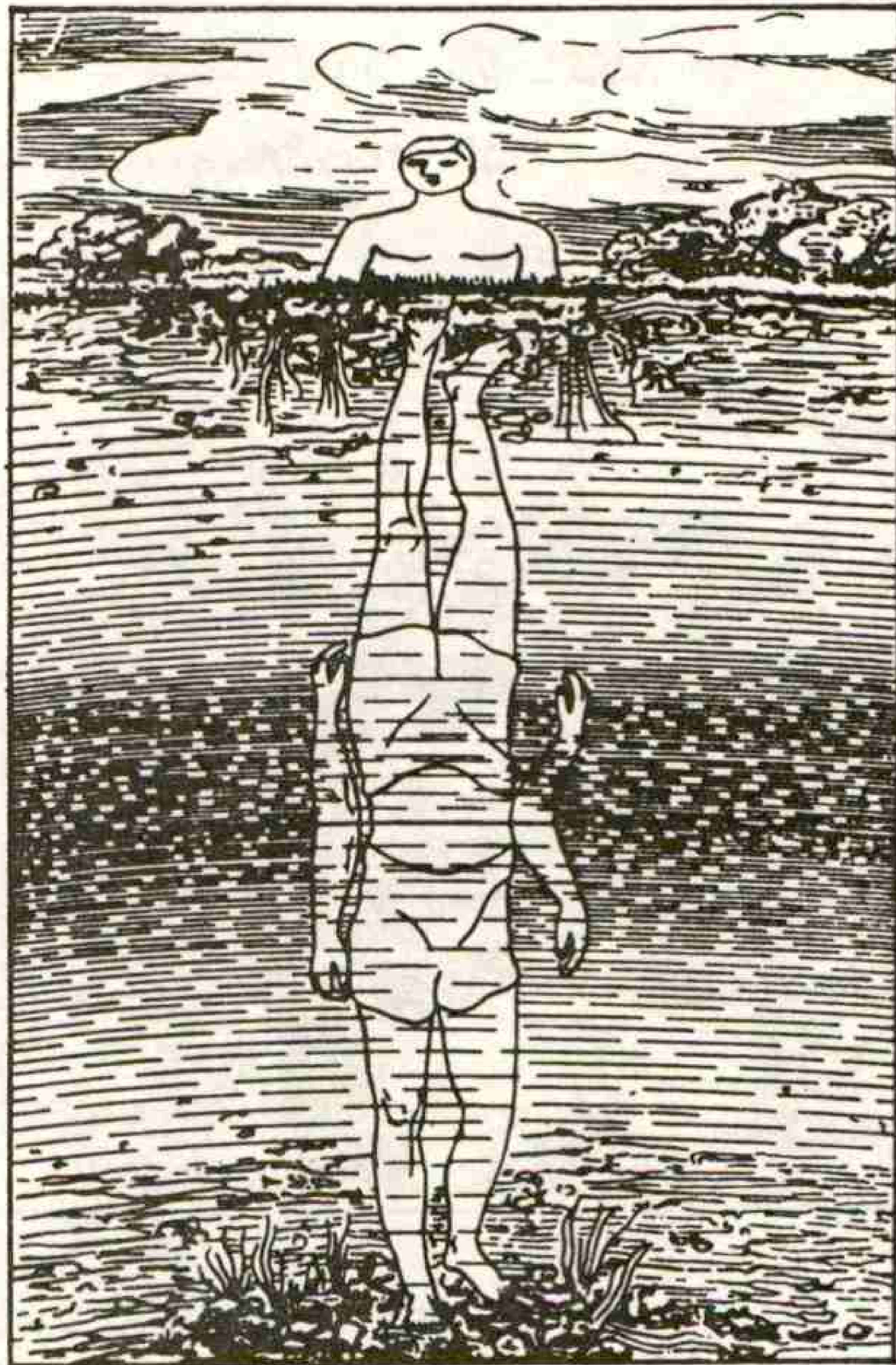
చిత్రం 121. నీటిలో సగం మునిగి ఉన్న చెట్టు నీటి దిగువనుంచి చూసేవాడికి ఇలా కనబడుతుంది. (చిత్రం 120 తో సరిచూడండి.)

చేరి వుండే వివిధ వర్ణాల కిరణాల వక్రీభవన గుణకాలు, సందిగ్ధకోణాలు భిన్నంగా వుంటాయి. దీని ఫలితంగా నీటి కిందనుంచి చూసినప్పుడు ప్రతివస్తువు చుట్టూ వర్ణమాల రంగులలోని రంగులు చూస్తాం.

నీటి మీది ప్రపంచాన్ని అంతటినీ తనలో ఇముడ్చుకున్న ఈ కోనుయొక్క అంచులు దాటిన మీదట మనకేం కనిపిస్తుంది? అద్దంలాగా మెరిసే మిగిలిన నీటి పైభాగంలో నీటి అడుగున వుండేదంతా ప్రతిబింబిస్తుంది.

ఇక కొంత భాగం నీటిలోనూ కొంత భాగం నీటి పైన ఉండే వస్తువులు నీటినుంచి చూసేవాడికి అమిత విడ్డూరమైన రూపంలో కనిపిస్తాయి.

నీటిలో లోతు తెలిపే "గేజ్" ఒకటి వున్నదనుకోండి (చిత్రం 120). *A* వద్ద నీటి దిగువన ఉండేవాడికేం కనిపిస్తుంది? వాడి చుట్టూ వున్న దృక్కోణం 360° లను వేరువేరు కోణాలుగా విభజించి ఒక్కొక్క కోణం మేరలోనూ ఏమి కనిపించేది విడివిడిగా తెలుసుకుందాం. 1 అనే కోణం మేరలో వాడికి నది అడుగు భాగం మాత్రమే కనిపిస్తుంది —



చిత్రం 122. రొమ్ముబంటి నీటిలో నిలబడిన మనిషి నీటి దిగువనుంచి చూసేవాడికిలా కనబడతాడు. (చిత్రం 120 తో సరిచూడండి.)

అది కూడా తగినంత వెలుతురుంటేనే. 2 అనే కోణం మేరలో నీటిలోతును తెలిపే "గేజ్"లో మునిగి వున్న భాగం ఏవికృతీ లేకుండ కనిపిస్తుంది. 3 అనే కోణం మేరలో "గేజ్" తాలూకు యీ భాగమే "సంపూర్ణాంతః పరావర్తనం" ఫలితంగా తలకిందులుగా ప్రతిఫలించి కనబడుతుంది. ఇంకొంచెం ఎగువన నీటిలోనుంచి చూసేవారికి "గేజ్‌లో" నీటిపైన వుండే భాగం కనబడుతుంది. అయితే అది నీటి దిగువ వుండే భాగానికి పొడిగింపుగా వుండక కింది

భాగంనుంచి వేరైపోయినట్టు చాలా ఎత్తున వున్నట్టు కనబడుతుంది. గాలిలో తేలి కనబడే యీ "గేజ్" నీటిలో కనిపించేదాని భాగమే అన్నభావన కూడా కలగదు. ఇంతేకాదు యీ భాగం చాలా కుదించుకున్నట్టుగా వుంటుంది. ముఖ్యంగా దిగువ భాగంలోనే గీతలు మరీ దగ్గరగా వున్నట్టు కనిపిస్తాయి. నీటిలోనుంచి చూసేవాడికి వరద నీటిలో సగం మునిగి ఒడ్డున వుండే చెట్టు చిత్రం 121 లో లాగ కనబడుతుంది.

చేపలకి స్నానం చేసేవాడు చిత్రం 122 లో లాగా కనబడతాడు. లోతు అట్టేలేని నీటిలో పోయే మనిషి చేపలకు మనుష్యఖండాలుగా కనిపిస్తాడు. పైఖండానికి కాళ్ళుండవు. కింది ఖండానికి తల వుండకపోగా నాలుగు కాళ్ళుంటాయి. నడిచే మనిషి దూరం వెళ్లిన కొద్దీ నీటి అడుగునుంచి చూసేవాడికి మన శరీరంలో పైభాగం కిందిభాగంలోకి హెచ్చుగా కుదించుకు పోయి చిట్టచివరకు ఒక దూరం వచ్చేసరికి నీటికింది శరీరభాగమంతా మాయమైపోయి తలమాత్రమే నీటిపైన తేలుతునట్టు కనిపిస్తుంది.

యీ వింత ఫలితాలను మనం స్వయంగా పరిశీలించగలమా? నీటిలో మునిగి కళ్ళు తెరచి ఉంచగలిగినప్పటికీ మనకు కనిపించేది బహు కొంచెం. మొదటి సంగతి మనం నీటి అడుగున ఉండగలిగే కొద్ది సెకండ్ల కాలంలో నీటి భాగాన కలిగే సంచలనం నిలిచి పోదు. కదిలే నీటి పైభాగంకుండా చూడటం సాధ్యం కాదు. రెండో సంగతి ఏమంటే నేను ముందే చెప్పినట్టు నీటి యొక్క వక్రీభవన శక్తికి, కంటిలోని భాగాల వక్రీభవన శక్తికీ తేడా చాలా స్వల్పం కావడంచేత మన రెటీనా పైన పడే బింబం స్పష్టంగా ఉండదు. అది బాగా అలుక్కుపోయి మబ్బుకమ్మినట్టు వుంటుంది. నీటి తొడుగులూ, శిరస్త్రాణాలు, సబ్మరీను లగవాక్షాలూ కావలసిన ఫలితాల నివ్వవు. అవి వుపయోగించేవాడు నీటికి దిగువగా ఉంటాడేగాని "నీటి దిగువ దృష్టి" అతనికి వుండదు. కిరణాలు కంటిలో ప్రవేశించడానికి ముందుగా గాలిలో ప్రసారమవుతాయి. అందుచేత అవి వ్యతిరేక వక్రీభవనం పొందుతాయి. యీ విషయంకూడా ముందే వివరించాను. ఇలాంటప్పుడు కిరణాల దిశ పూర్వం ఉన్న దిశగా మారుతుంది, లేదా కొత్త దిశగా మారుతుంది. ఏమైనా నీటిలో ఉన్న దిశ ఉండదు. యీ కారణాలవల్ల నీటి దిగువన దృష్టి వస్తువానికి ఎలా వుంటుందో సబ్మరీను తాలూకు గాజుకిటికీలగుండా చూస్తే తెలియనే తెలియదు. అయితే నీటి దిగువనుంచి ప్రపంచం ఎలా కనిపిస్తుందో తెలుసుకోవడానికి మనం స్వయంగా నీటిలోకి దిగనవసరం లేదు. ఒక ప్రత్యేకమైన నీటితో నిండిన కెమేరా సహాయంతో పరోక్షంగా దాన్ని తెలుసుకోవచ్చు. యీ కెమేరాలో లెన్సుకు మారుగా మధ్య రంధ్రంగల లోహపు పలక వుంటుంది. రంధ్రానికి ఫోటోగ్రాఫిక్ ప్లేటుకు మధ్య వుండే భాగమంతా నీటితో నిండి వుంటే ప్లేటుమీద పడే బొమ్మ నీటి అడుగున ఉన్న ప్రేక్షకుడికి ప్రపంచం ఎలాకనిపిస్తుందో అలా చూపాలి.

అమెరికను భౌతిక శాస్త్రవేత్త ప్రొఫెసరు వుడ్ ఇదే పద్ధతిలో అనేక చిత్రమైన ఫోటోలు తీశాడు. వాటిలో ఒకటి చిత్రం 115 లో చూపబడింది. యీ బొమ్మను గురించి ముందే ప్రస్తావించాం. వంతెన వక్రంగా ఎందుకు కనిపిస్తుందో తెలుసుకున్నాం.

నీటి దిగువ మనుష్యులకి ప్రపంచం ఎలా కనిపిస్తుందో ప్రత్యక్షంగా తెలుసుకోవడానికి మరో వుపాయం కూడా వున్నది. ఒక అద్దాన్ని చెరువులోని నిశ్చలమయిన నీటిలో వుంచి దాన్ని అవసరమైనట్టు తిప్పి అందులో నీటిపై వుండే దృశ్యాలు ఎలా ప్రతిబింబితమవుతాయో గమనించవచ్చు.

పై ప్రయోగాల ఫలితాలు సిద్ధాంతరీత్యా ఊహించబడి ముందు చెప్పబడిన విషయా లన్నీ అక్షరాలా నిజమని ఋజువు చేస్తున్నాయి.

ఆవిధంగా కంటికీ వస్తువులకీ మధ్య వుండే స్వచ్ఛమైన నీటిపొర దాని అవతలవుండే వస్తువులనన్నిటిని వక్రంగా చూపుతుంది. వస్తువులకు విడ్డూరమైన ఆకారాలు కలిగిస్తుంది. ఏభూచరంగాని ఆకస్మికంగా జలచరంగా మారితే — అలాటి మార్పు సాధ్యమయే పక్షంలో — అది తన పాత ప్రపంచాన్ని కొంచెం కూడా గుర్తు పట్టలేదు. ఎందుకంటే స్వచ్ఛమైన నీటి అడుగునుంచి చూస్తే అది పూర్తిగా మార్పు చెంది కనిపిస్తుంది.

## నీటి దిగువ రంగులు

నీటి దిగువన రంగులెలా మారి పోతాయో బీబ్ అనే అమెరికన్ జీవశాస్త్రవేత్త చాలా చక్కగా వర్ణించాడు.

"ఉదయం 9.41 కి మేము (బాతిస్ఫియర్‌లో) నీటి దిగువకు మునిగాం. పసుపు పచ్చగా బంగారం రంగులో ఉండే ప్రపంచం ఆకుపచ్చరంగుకు తిరగడం అనుకోని విషయం. ఇది నాకు తరుచు అనుభవమే. అద్దపు కిటికీలమీదనుంచి నురుగూ, బడగలూ తొలిగి పోయాక మాపైన ఆకుపచ్చ కాంతి ప్రసరించింది. అది మా ముఖాలమీద టాంకులమీద పళ్ళాలమీదా, చివరకు నల్లని గోడలమీద కూడా ప్రసరించింది. కాని పడవ డెక్కునుండి చూస్తే మేము సాంద్రనీలంలోకి ప్రవేశించినట్టయింది....

"...నీటిలో ప్రవేశించగానే కంటికి సుఖంగా ఉండే 'వెచ్చని' కిరణాలు మాయమ వుతాయి. (ఎరుపూ, వంగపండురంగు (ఆరెంజి) ల జాడ వుండదు.) త్వరలోనే పసుపురంగు ఆకుపచ్చరంగులో కలిసిపోయింది. నేల ఎత్తులో మమ్మల్ని సంతసపెట్టిన యివన్నీ ఏ నూరు అడుగుల లోతులోనో మాయమవుతాయి. కంటికి కనిపించే వర్ణమాలలో యివి ఆరోభాగమే అయినప్పటికీ యివి పోగా మిగిలిన రంగులు మనకు చలినీ, రాత్రినీ, చావునూ స్ఫురింపచేస్తాయి.

"మేము దిగువకు పోతున్నకొలదీ ఆకుపచ్చ క్రమంగా అంతర్ధానమయింది. 200 అడుగుల లోతుకు వెళ్లేసరికి కాంతిలో ఆకుపచ్చ పాలెక్కువో నీలం పాలెక్కువో తెలియరాలేదు....

"600 అడుగులలోతున కాంతివంతమైన కృష్ణవర్ణం కనిపించింది.... ఉండడానికి అది కాంతివంతంగానే వున్నది కాని అందులో ఏమీ పసలేదు. చదవడానికీ రాయడానికీ అది నిరుపయోగం....

"నీటి రంగుకు ఏదో ఒక పేరు పెట్టాలని చూశాను: నల్లని నీలం, నల్లని బూడిద నీలం. నీలం పోయినకొద్దీ వర్ణమాల చిట్టచివరి రంగైన ఊదా కనబడదు. ఆశ్చర్యం. అది హరింపబడింది కామోసు. నీలంచాయ ఆఖరు దశలో పేరు చెప్పలేని బూడిదవర్ణంగా మారి చివరకు నలుపుకు దిగుతుంది. ఇంకమీదట కంటికి ఏ రంగు వుండదు. సూర్యుడి ఆటకట్టయిపోయింది. కొన్ని లక్షల కోట్ల ఏళ్లగా పేరుకుని ఉన్న గాఢ తమస్సులోకి మానవుడు విద్యుత్ప్రవాయంతో పసుపు పచ్చని కాంతి కిరణాలు ప్రసరించేంతవరకు రంగు అనేది అక్కడ లేదు."

అగాధాలలోని తమస్సును గురించి మరొక సందర్భంలో బీబ్ ఇలా అన్నాడు:

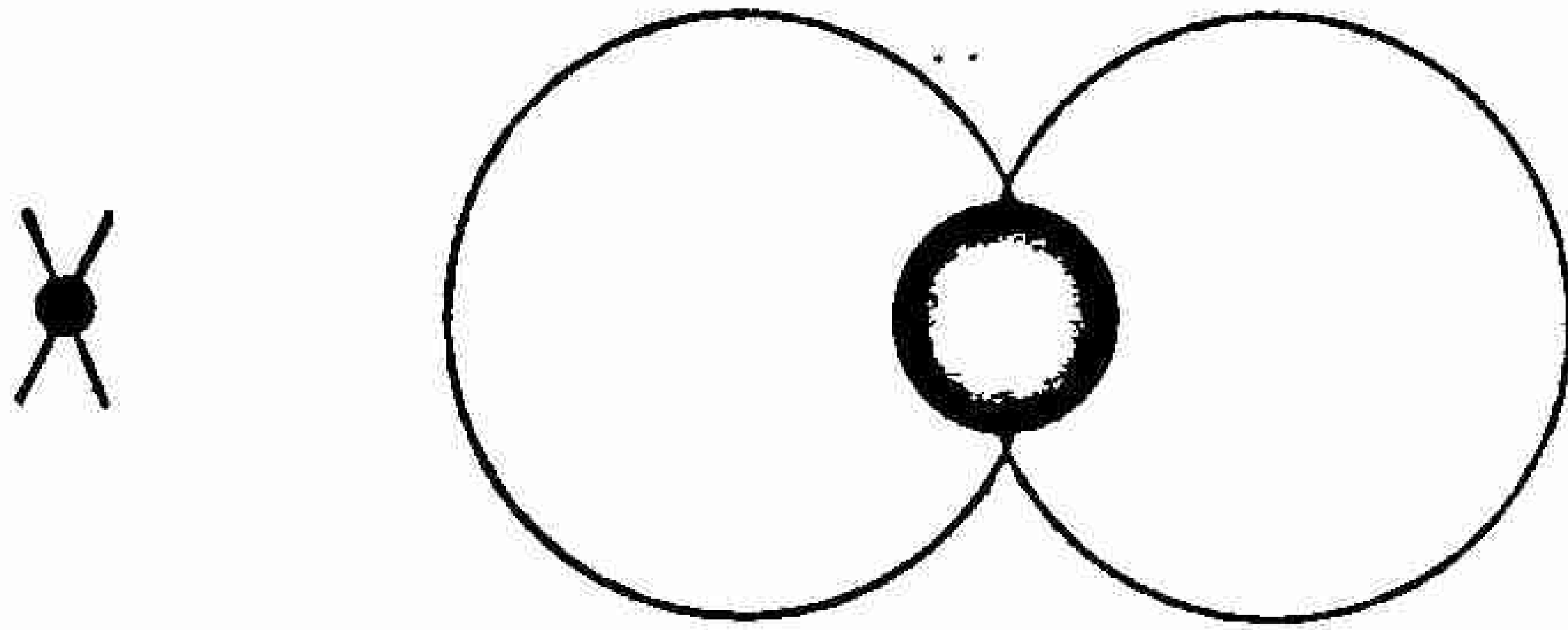
"కొద్దిరోజుల క్రితం 2,500 అడుగుల లోతున నీరు ఊహించరానంత నల్లగా కనపడింది. కాని ఇప్పుడు అది నా ఊహకు నలుపుకన్న నల్లగా ఉన్నట్టు తోచింది. ఇకముందు నీటి వెలుపలిలోకంలో రాత్రులు వేర్వేరు సంధ్యా కాంతులు లాగ తోస్తాయనిపించింది. ఇక నా జన్మలో నేను 'నలుపు' అన్న మాటను చిత్తశుద్ధితో వాడలేను."

## కంటిలోని "గుడ్డి చుక్క"

మీకళ్ల ముందుండే దృశ్యంలో ఒకభాగం అది మీ ముందే ఉన్నప్పటికీ మీకు ఏమాత్రము కనిపించదని చెపితే మీరు నమ్మరు. నిజానికి మన దృష్టిలో ఉన్న ఇంత పెద్దలోపాన్ని జీవితంలో ఎన్నడూ గమనించకపోవడం సాధ్యమా? కాని అది నిజమని నిరూపించడానికి ఈ క్రింది ప్రయోగం చేయవచ్చు.

చిత్రం 123 ను సుమారు 20 సెం.మీ. దూరాన కుడికంటికెదురుగా ఉంచి ఎడమ కంటిని చేతితో మూసి ఎడమ పక్కన ఉన్న క్రాస్ కేసి చూడండి. తరవాత చిత్రాన్ని నెమ్మదిగా దగ్గరకు తీసుకురండి. ఒక దూరంలో కుడిపక్కన రెండు వృత్తాలు ఖండించుకొనే చోట ఉన్న నల్లచుక్క పూర్తిగా అదృశ్యమవుతుంది. అది మీ దృక్పథంలో ఉండికూడా కనబడదు. దానికి కుడిపక్కా ఎడమపక్కా ఉండే వలయాలు స్పష్టంగా కనిపిస్తూనే ఉంటాయి.

1668 లో మరియోట్ అనే ప్రసిద్ధ భౌతిక శాస్త్రవేత్త ఇదే ప్రయోగాన్ని మరొక విధంగా చేసి XIV వ లూయీ (ఫ్రెంచి రాజు) ఆ స్థానంలో ఉన్నవారిని ఆనందింప జేశాడు. ఆయన ఇద్దరు రాజసభికులను రెండు మీటర్ల ఎడంలో ఎదురు ఎదురుగా కూర్చోబెట్టి, ఒక కన్ను మూసి పక్కగా నున్న ఒక బిందువును చూడ మన్నాడు. అలా చేసిన మీదట వారిద్దరూ ఒకరికొకరు తలలేని మొండాలుగా కనబడ్డారు.

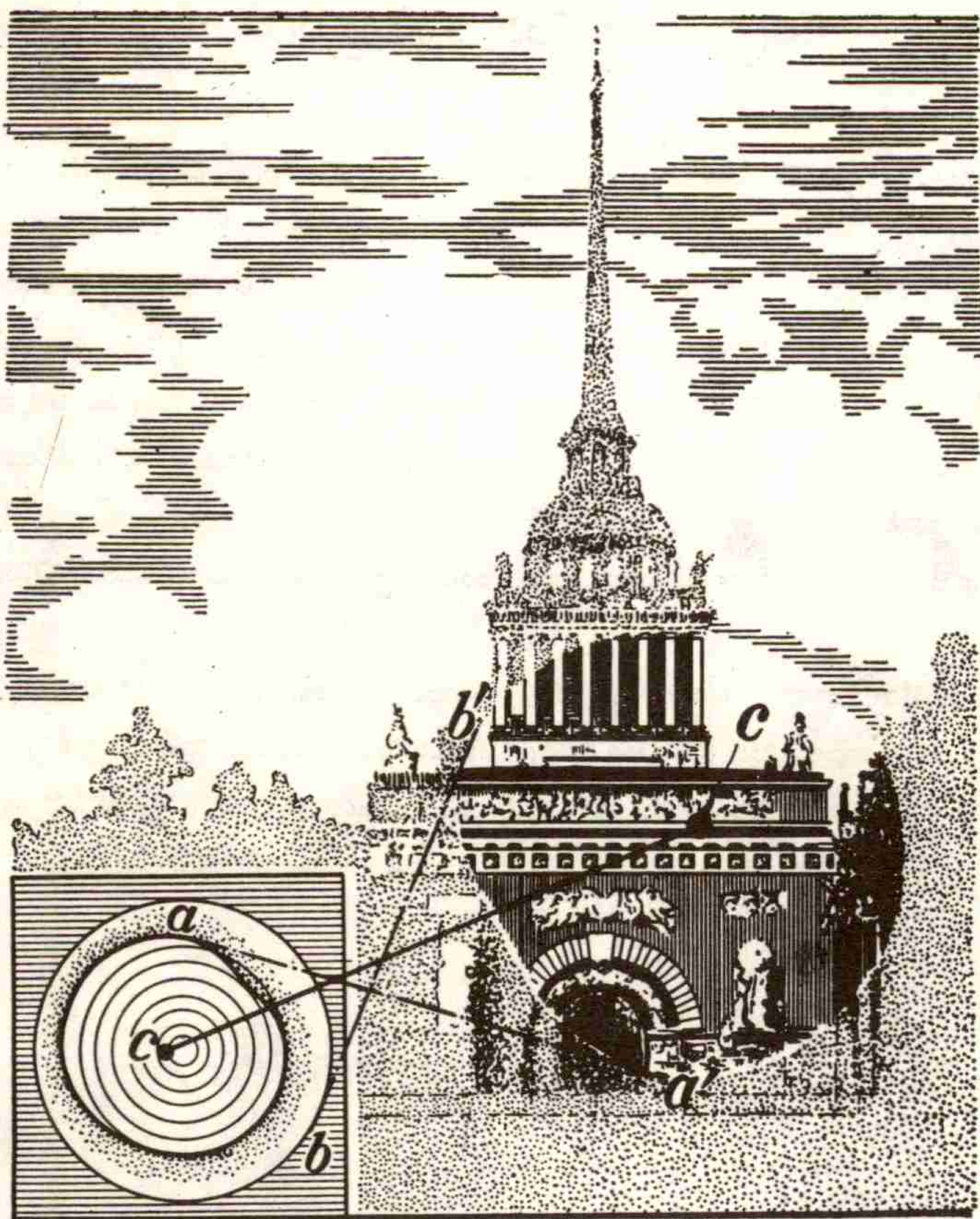


చిత్రం 123. గుడ్డి చుక్కను తెలుసుకునే పద్ధతి.

చిత్రమేమిటంటే, రెటీనాలో ఈ "గుడ్డి చుక్క" ఉన్న సంగతి 17 వ శతాబ్దంలోనే బయటపడింది. దానిగురించి అంతవరకు ఎవరూ ఆలోచించ లేదు. చక్షుర్నాడి రెటీనాలో ప్రవేశించే చోట ఈ చుక్క ఉన్నది, దృక్శక్తిగల జీవ కణాలక్కడ లేవు.

మన దృష్టిలో గల ఈ "చీకటి కంత" ను మనం గమనించక పోవడానికి కారణ మేమంటే మనం దానికి అలవాటు పడిపోయాం. ఈ లోపాన్ని మన భవాశక్తి చుట్టూ ఉన్న విషయాల వివరాలని ఊహించుకొని పూడ్చుతుంది. అందుకే మనం చిత్రం 123 లో చుక్కను చూడలేనప్పుడు కూడా వలయాలు ఖండించుకోవడం చూడ గలిగినట్టు భావిస్తాం.

మీరు కళ్లజోడు పెట్టుకుంటారా? పెట్టుకుంటే ఈ ప్రయోగం చేసి చూడవచ్చు. చిన్న కాగితం ముక్కను ఒక కంటి అద్దంమీద మధ్యగా కాకుండా ఒక పక్కగా అంటించండి. కొద్దిరోజుల పాటు అది చీకాకు పడుతుంది. కాని ఒకటి రెండు వారాల అనంతరం అలవాటు పడిపోయి దాన్ని మీరు గమనించనే గమనించరు. కొద్దిగా పగిలిన అద్దంగల కళ్లజోడును ధరించవలసి వచ్చిన వాళ్లకి ఇది బాగా అనుభవం. మొదటి రోజుల్లో మాత్రమే పగులును గమనిస్తారు. సమంగా అలాగే, దీర్ఘకాలపు అలవాటువల్ల మన కంటిలోని గుడ్డి చుక్కను కూడా గమనించం. అదీకాక రెండు కళ్ల తాలూకు గుడ్డి చుక్కలూ కళ్ల దృష్టిక్షేత్రాలలోని వేర్వేరు భాగాలని మూస్తాయి. అందుచేత రెండు కళ్ల చూపులో ఒక కంటికి కనిపించనిది రెండో కంటికి కనిపిస్తుంది. దృష్టిలో లోటురాదు.




చిత్రం 124. ఈ భవనంకేసి ఒంటికన్నుతో చూసినప్పుడు కంటిలోని గుడ్డిచుక్క (*c*) పైన పడే *C* అన్న విభాగం కనిపించనే కనిపించదు.

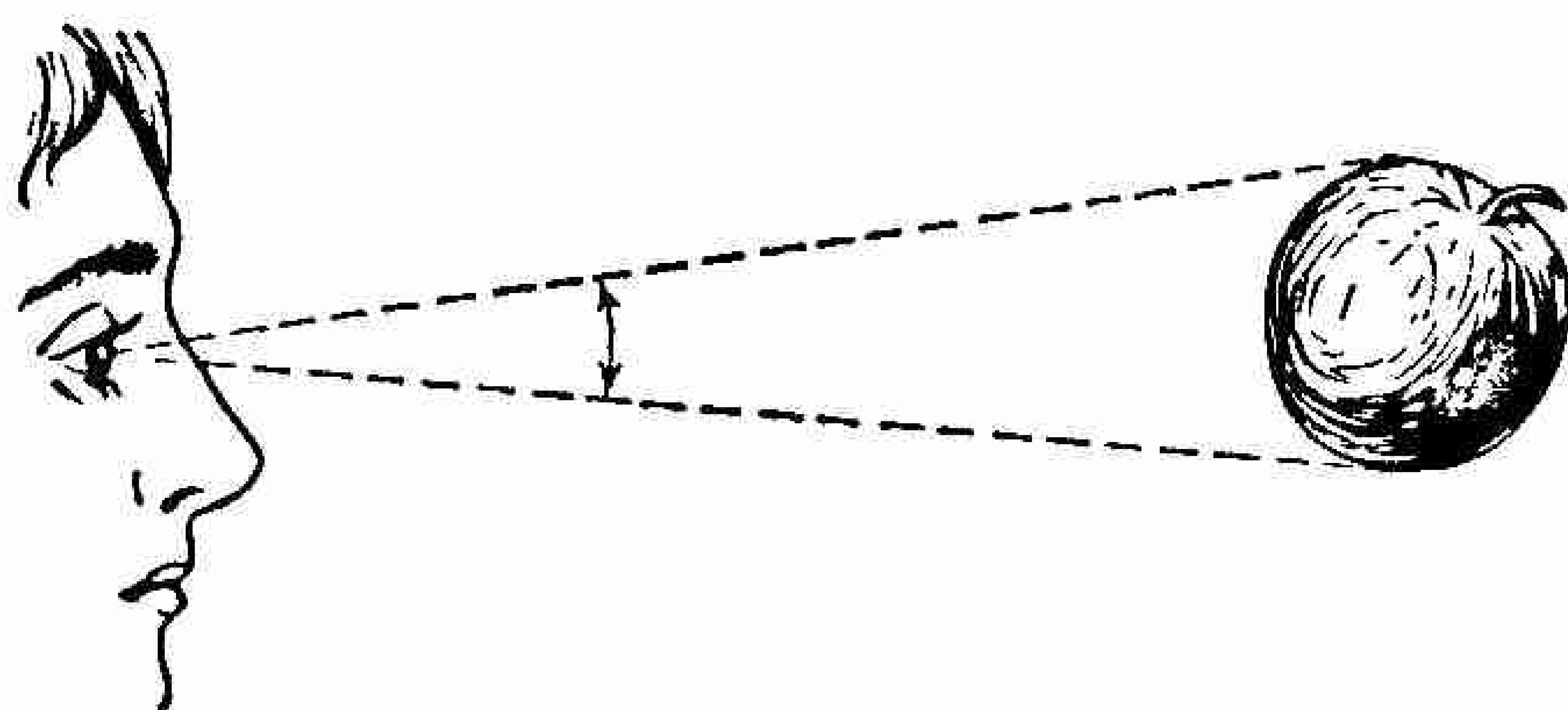
గుడ్డి చుక్క పరిగణించ దగినది కాదనుకునేరు. 10 మీటర్ల దూరంనుంచి మీరు ఒంటి కంటితో ఏ భవనాన్నైనా చూసినప్పుడు భవనం ముందు భాగంలో ఒక మీటరు ప్రమాణాన్ని మించిన భాగం గుడ్డి చుక్క మూలాన మీకు కనబడదు. మీకు కనబడని మేర ఒక కిటికీ ప్రమాణంలో ఉంటుంది. అదే ఆకాశానికేసి చూసినట్టయితే 120 పూర్ణ చంద్రబింబాలమేరను మీరు చూడలేక పోతారు.

# చంద్రుడెంత పెద్దదనిపిస్తుంది?

కంటికి స్ఫురించే చంద్రుడి ప్రమాణం గురించి కొంచెంగా చెప్పాలి. చంద్రుడి ప్రమాణం ఎంత అని మీకు తోస్తున్నదని మీ మిత్రులను అడగండి. ఒకరు చెప్పినట్టు ఒకరు చెప్పక పోవచ్చు. చాలామంది చంద్రుడు పళ్లెమంత ఉన్నదంటారు. కొందరు సాసరంత అని ఆపిల్ పండు అని కూడా అనవచ్చు. నాకు తెలిసిన ఒక స్కూలు కుర్రాడు, చంద్రుడి ప్రమాణం పన్నెండు మంది కూర్చుని భోజనం చేయడానికి వీలుగా ఉండే గుండ్రని బల్లంత ఉంటుందని ఎప్పుడూ అనుకునేవాడు. చంద్రుడి వ్యాసము ఒక గజమని ఒక రచయిత వ్రాశాడు కూడా.

ఒకే వస్తువు ప్రమాణం గురించి ఇంతమంది ఇన్ని రకాలుగా అనుకోవడానికి ఏమిటి కారణం?

ఈ తేడా దూరాన్ని అంచనా కట్టడంలో గల అవ్యక్తాలోచన మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. చంద్రుడి ప్రమాణం గుండ్రని బల్లనంత, పళ్లెమంత ఉంటుందనుకునే వాళ్లకన్న ఏ ఆపిల్ పండులో ఉన్నదనుకునేవాడు చంద్రుడు తక్కువ దూరాన ఉన్నట్టు భావిస్తాడు.



చిత్రం 125. దృక్కోణం అంటె ఏమిటి?

చాలామందికి చంద్రుడు పళ్లెమంత ఉన్నట్టు అనిపిస్తుంది. దీన్నిబట్టి తమాషా అయిన విషయం నిరూపించవచ్చు. చంద్రుడి దృశ్య ప్రమాణం పళ్లెమంత ఉండాలంటే చంద్రుణ్ణి ఎంత దూరాన ఉంచాలో గుణించినట్టయితే—ఎలా గుణించాలో తరవాత చెబుతాను—చంద్రుడుండే దూరం 30 మీటర్లు మించదు; మనం అవ్యక్తంగా చందమామను అంత దగ్గరలో ఉంచుతున్నాం!

అనేక దృగ్భ్రమల మూలకారణం దూరాన్ని అంచనా కట్టడంలో జరిగే పొరపాటే. నేను కుర్రాణ్ణిగా ఉండగా అంటే నిత్యజీవితంలో కలిగే అనుభవాలన్నీ కొత్తవిగా ఉన్నప్పుడు

నాకు కలిగిన భ్రమ ఒకటి బాగా జ్ఞాపకం ఉన్నది. పట్టణవాసినైన నేను ఒక వసంతంలో ఊరిచివరి ప్రాంతంలో తిరుగుతున్నప్పుడు నా జన్మలో మొట్టమొదటి సారిగా మైదానంలో మేస్తున్న ఆవుల మందని చూసాను. ఆవులు నాకు వామనగోవులలాగ కనిపించాయి. అవి ఉన్న దూరాన్ని తప్పుగా అంచనా కట్టాను. అంత బుల్లి ఆవులను ఆతరువాత మరెన్నడూ చూడలేదు. ఇక చూడను కూడా.

నక్షత్రశాస్త్రవేత్తలు ఆకాశంలోని గోళాల ప్రమాణాన్ని అవి కనిపించే కోణాలలో నిర్దేశిస్తారు. ఒక వస్తువుయొక్క రెండు చివరలనుంచి కంటి దాకా రేఖలుంటే వాటిమధ్య ఏర్పడేదే "దృక్కోణం" (చిత్రం 125). కోణాలను డిగ్రీలలోను, మినిట్లలోను, సెకండ్లలోనూ కొలుస్తారన్నది మీకు తెలిసిన సంగతే. చంద్రుడు ఎంతప్రమాణంలో కనిపిస్తుందని అడిగితే నక్షత్ర శాస్త్రజ్ఞుడు ఆపిల్ పండు పళ్లెమంత ఉంటుందని చెప్పడు. అర డిగ్రీ ఉంటుందని చెబుతాడు. అంటే చంద్రబింబపు రెండు చివరలనుంచి మన కంటికి రేఖలు ఉండే పక్షంలో వాటి మధ్య అర డిగ్రీ కోణం ఉంటుందన్నమాట. వస్తువులు దృక్ప్రమాణాలను చెప్పడానికిది సరి అయిన పద్ధతి ఎందుకంటే ఇందులో పొరపాటుకు అవకాశం ఉండదు.

రేఖాగణితం ప్రకారం ఏవస్తువుగాని దాని ప్రమాణానికి 57 రెట్లుండే దూరంలో ఉన్నప్పుడు ఒక డిగ్రీ దృక్కోణం కలిగి ఉంటుంది. ఉదాహరణకు 5 సెం.మీ. వ్యాసంగల ఆపిల్ పండు $5 \times 57$ సెం. మీ. దూరంలో ఉన్నప్పుడు ఒక డిగ్రీ "దృక్కోణం" కలిగి ఉంటుంది. దానికి రెట్టింపు దూరంలో ఆ ఆపిల్‌పండు అర డిగ్రీ కోణంలో కనిపిస్తుంది. అంటే చంద్రుడి ప్రమాణంలో కనిపిస్తుంది. ఆపిల్‌పండు 570 సెం.మీ. దూరాన ఉండే పక్షంలో చంద్రుడు ఆపిల్ పండంత కనిపిస్తున్నాడని అనవచ్చు. చంద్రుడు పళ్లెమంత ఉన్నదని చెప్పాలంటే పళ్లాన్ని 30 మీటర్ల దూరాన ఉంచాలి. చంద్రుడింత చిన్నగా కనిపిస్తుందనుకోడం చాలామందికి ఇష్టం ఉండదు. సరే ఒక నయాపైసావంటి నాణేన్ని దానికి 114 రెట్ల దూరంలో ఉంచి చూడండి. ఈ దూరం రెండు మీటర్లు ఉంటుంది. కాని ఆ దూరంలో ఈ నాణెం చంద్రుణ్ణి పూర్తిగా మరుగుపరచగలదు.

ఉత్తి కంటికి చంద్రుడెంత ప్రమాణంలో కనిపిస్తుందో వృత్తంగీసి చూశామంటే మీకది అస్పష్టమైన సమస్య అనిపించవచ్చు. ఎందుకంటే చూసే దూరాన్నిబట్టి సున్నా చిన్నదిగా ఉండవచ్చు పెద్దదిగా ఉండవచ్చు. కనక మనం సాధారణంగా పుస్తకాన్ని చదవడానికి ఉంచే దూరం — జబ్బులేని కళ్లుగలవారికి 25 సెంటిమీటర్లు — తీసుకుందాం. అప్పుడు సమస్య షరతు స్పష్టం అవుతుంది.

ఆ విధంగా ఉదాహరణకి ఈ పేజీమీద ఎంత ప్రమాణంగల వృత్తాన్ని గీస్తే అది చంద్రబింబపు ప్రమాణానికి సమానమవుతుందో లెక్కవేదాం. లెక్క చాలా తేలిక: 25

సెం. మీ. దూరాన్ని 114 చేత భాగించాలి. చాలా చిన్న విలువ వస్తుంది. 2 మి.మీ.కు కొద్దిగా ఎక్కువ! – ఇంచుమించు ఈ పుస్తకంలో అచ్చుక్షరం "o" కంటే కొద్దిగా పెద్దద న్నమాట. చంద్రుడూ సూర్యుడూ – రెంటిదీ ఒకే దృక్ప్రమాణం. – ఇంత చిన్న దృక్కోణం గలిగి, ఇంత చిన్నగా కనిపిస్తాయంటే నిజంగా నమ్మబుద్ధి పట్టదు.

మీరు గమనించే వుండవచ్చు. మనం సూర్యుడి కేసి కొంతసేపు చూశాక చాలాసేపటి దాకా కంటిముందు చిన్న చిన్న వలయాలు రంగురంగులవి కనిపిస్తూనే వుంటాయి. యీ "దృక్ఛాయలు" సూర్యుడంత "దృక్కోణం" కలవే అయినప్పటికీ వాటి ప్రమాణాలలో వ్యత్యాసం వున్నట్టు స్ఫురిస్తుంది. ఆకాశం కేసి చూసేసరికి వాటి ప్రమాణం సూర్యబింబ మంత ఉంటుంది. కాని మీముందున్న పుస్తకంమీదికి చూపు మళ్లిస్తే సూర్యుడి "ఛాయ" పుస్తకంలో కనిపించే 2 మి.మీ. మనలెక్క సరయినదనడానికి ఇదే ప్రత్యక్ష ప్రమాణం.

## ఖగోళాల దృక్ప్రమాణాలు

సప్తర్షిమండలాన్ని కోణప్రమాణాలు సరిగా ఉండేలాగా చిత్రించినట్టయితే చిత్రం 126 లో చూపిన ప్రకారంగా ఉంటుంది. చదివే దూరంనుంచి చూసినట్టయితే అది ఆకాశంలో కనిపించేలాగే వుంటుంది. ఇది కోణప్రమాణాలు స్రకమంగా ఉన్న సప్తర్షిమండల

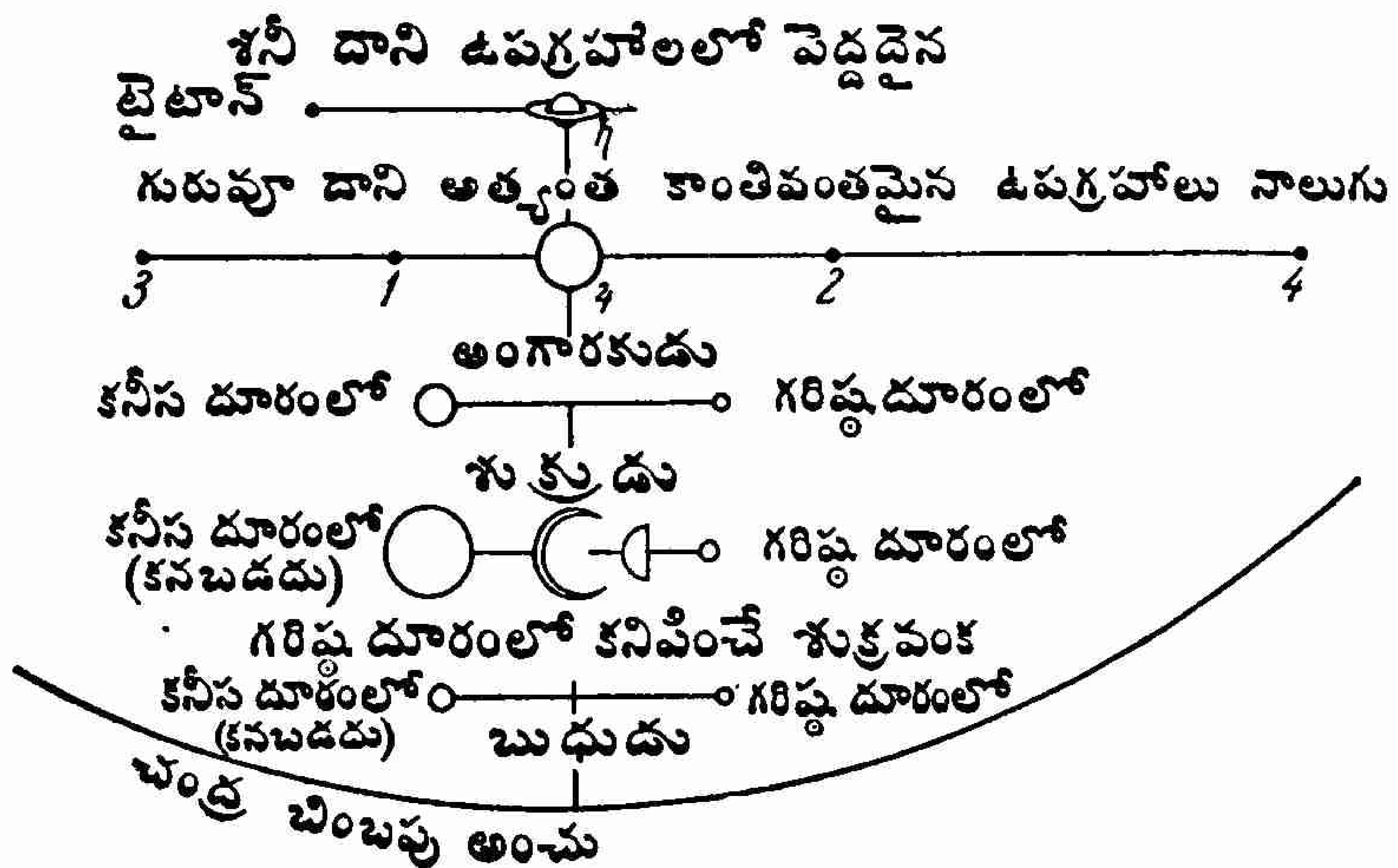


చిత్రం 126. కోణపు కొలతలు యథాతథంగా చిత్రించిన సప్తఋషి మండలం. ఈ బొమ్మను కంటికి 25 సెం.మీ. దూరంలో ఉంచి చూడాలి.

పటమన్నమాట. ఈ నక్షత్రమండలం కలిగించే దృగ్భావం మీకు బాగా పరిచయమైతే – మండల ఆకారం కాదు, సరియైన దృగ్భావం – ఇక్కడ ఇవ్వబడిన చిత్రంలోకి చూసి సమంగా ఆ భావమే పొంద గలరు. నక్షత్ర రాసులన్నిటిలోనూ గల ముఖ్య నక్షత్రాల మధ్య ఉండే కోణదూరాలు తెలిసినట్టయితే (నక్షత్ర శాస్త్రపు కేలండరులు మొదలైన "చేతి పుస్తకాల్లో" ఉంటాయి). నక్షత్రలోకపు "అట్లాస్"ను ప్రకృతిసహజ రూపంలో తయారు

చేయవచ్చు. ఇందుకుగాను మిల్లీమీటరు గళ్ళుగల గ్రాఫుకాగితం తీసుకుని, 4.5 మిల్లీమీటర్లు ఒక డిగ్రీగా పెట్టుకోవాలి. (నక్షత్రాలను సూచించే చుక్కల ప్రమాణాన్ని వాటి కాంతికి అనుగుణంగా వుంచాలి.)

ఇక గ్రహాలసంగతి చూద్దాం. అవి కూడా నక్షత్రాలలాగే కాంతివంతమైన అతిచిన్న చుక్కలుగా ఉత్తకంటికి కనిపిస్తాయి. ఇందులో వింత ఏమీ లేదు. ఎందుచేతంటే శుక్రుడు అత్యంత కాంతివంతంగా కనిపించేటప్పుడు మినహాయిస్తే, ఏ గ్రహం కూడా ఉత్తకంటికి




చిత్రం 127. ఈ చిత్రాన్ని 25 సెం.మీ. దూరాన ఉంచి చూస్తే గ్రహాలు 100 రెట్లు అధికం చేయగల టెలిస్కోపులో కనిపించే ప్రమాణంలో కనిపిస్తాయి.

1 మినిటు దృక్కోణం మించి కనిపించదు. ఏవస్తువునుగాని కొలతలుగల దానిగా చూడాలంటే అది మనకు కనిపించే కనీసదృక్కోణం ఒక మినిటు (అంతకంటె తక్కువ దృక్కోణం గల వస్తువులు చుక్కలలాగే కనబడతాయి).

వివిధ గ్రహాలు ఎన్ని సెకండ్ల కోణంలో కనిపించేదీ యీ దిగువ చూపబడింది (సెకండు ఒక డిగ్రీలో 3,600 వంతు). ఒక్కొక్క గ్రహానికి రెండేసి దృక్కోణప్రమాణాలు ఇవ్వబడ్డాయి. ఒకటి గ్రహం భూమికి అత్యంత సమీపంగా ఉన్నప్పటిది, రెండోది అత్యంత దూరంగా ఉన్నప్పటిది.

| గ్రహం | సెకండ్లు |
| --- | --- |
| బుధుడు | 13—5 |
| శుక్రుడు | 64—10 |
| అంగారకుడు | 25—3.5 |
| గురుడు | 50—30.5 |
| శని | 20.5—15 |
| శనివలయాలు | 48—35 |

యీ ప్రమాణాలను అసలు సైజులలో కాగితంమీద గీయడం అసాధ్యం. పూర్తి మినిటును (60 సెకండుల కోణప్రమాణాన్ని) కూడా మంచిచూపు దూరంలో గీయాలంటే 0.04 మిల్లిమీటర్లు మాత్రమే ఉంటుంది. అది కంటికి కనబడదు. అందుచేత గ్రహాలను చిత్రించేటప్పుడు అవి నూరింతలుగా చూపగల టెలిస్కోపులో కనబడే విధంగా చిత్రిద్దాము. గ్రహాలు కనిపించే ప్రమాణాలు ఇలా పెద్దవిగా చేసే చిత్రం 127 లో చూపబడ్డాయి. అన్నిటికన్నా దిగువగా వుండే వక్రరేఖ 100 రెట్లు అధికం చేయగల టెలిస్కోపులోంచి కనబడే చంద్రుడి, లేక సూర్యుడి అంచు. దానికి ఎగువగా ఉన్నది బుధగ్రహం. భూమినుంచి కనిష్ఠ, గరిష్ఠ దూరాలలో దానికి ఎగువగా శుక్రుడి కళలున్నాయి. అది భూమికి అత్యంత సన్నిహితంగా ఉన్నప్పుడు సూర్యకాంతి పడే భాగం అవతలి పక్కగా ఉంటుంది. కనక మనకు కనబడదు.* అటుతరువాత శుక్రుడు చంద్రవంక లాగా కనబడతాడు. అప్పుడు శుక్రుడు కనిపించినంత ప్రమాణంలో ఏ గ్రహగోళమూ కనిపించదు. తరవాతి కళలలో శుక్రుడు క్రమంగా చిన్నదయి, పూర్ణబింబంగా ఉన్నప్పుడు దాని ప్రమాణం చంద్రవంక ఆకారపు ప్రమాణంలో ఆరోవంతు మాత్రమే ఉంటుంది.

శుక్రుడికి ఎగువగా చూపి వున్నది అంగారకుడు (కుజుడు). అది భూమికి అత్యంత సన్నిహితంగా ఉన్నప్పటికీ ప్రమాణము ఎడమపక్క ఉంది. ఆవిధంగా 100 రెట్లు అధికం చేయగల టెలిస్కోపులో కనిపిస్తుంది. అంత చిన్నబింబంలో ఏమైన వివరాలు కనిపిస్తాయా? దానికి పదింతలు ఊహించుకున్నట్టయితే నక్షత్ర శాస్త్రవేత్తలు 1000 రెట్లు అధికం చేయగల అత్యంత శక్తివంతమైన టెలిస్కోపులతో చూసినప్పుడు కనిపించే బింబం స్ఫురిస్తుంది.

---

*యీ స్థితిలో అది సూర్యబింబం మీద చిన్న నల్లని వలయంగా విశేషింపబడే అరుదైన సమయాలలో మాత్రమే మనం దాన్ని చూడగలుగుతాం. దీన్ని "శుక్ర ప్రయాణము" **(passage of Venus)** అంటారు.

అప్పటికైనా అంత చిన్నమేరలో కాలవలని చెప్పబడేవాటినీ, యీ విచిత్ర గ్రహం తాలూకు, "సముద్రాల"లోని వృక్షజాతులమూలంగా దాని రంగులలో కలిగే స్వల్పమైన మార్పులనూ విస్పష్టంగా గుర్తించడం సాధ్యమని మీరు నమ్మగలరా? అంగారక గ్రహాన్ని శోధించే వారిలో కొందరు చెప్పేది మరికొందరు కాదంటారంటే ఆశ్చర్యం ఏమీ లేదు. ఒకరు స్పష్టంగా చూశారన్నదాన్ని మరొకరు దృగ్భ్రమ కింద కొట్టేస్తున్నారు.*

గ్రహాలన్నిటిలోకీ పెద్దదైన గురువూ, దాని ఉపగ్రహాలు మన చిత్రంలో అగ్రస్థానం వహిస్తాయి. శుక్రవంకను మినహాయిస్తే మిగిలిన అన్నిగ్రహాల బింబాలకన్న కూడా గురువు బింబం చాలా పెద్దది. దాని ఉపగ్రహాలలో ప్రధానమయినవి నాలుగు, దాదాపు చంద్రుడి అర్ధవ్యాసమంత మేర ఆక్రమించి వున్నాయి. చిత్రంలో చూపిన గురువు భూమికి అత్యంత సన్నిహితంగా వున్నప్పుడు కనిపించేది.

చివరకు శనిగ్రహం, దాని వలయాలూ, దాని ఉపగ్రహాలన్నిటిలోకీ పెద్దదైన టైటన్ తోపాటు కంటికి బాగా కనిపిస్తుంది భూమికి అత్యంత సన్నిహితంగా ఉన్నప్పుడు.

ఈ చెప్పినదంతా విన్నాక మీకొకటి స్పష్టం అయి వుండాలి. కంటికి కనిపించిన ప్రతివస్తువు ఎంత దగ్గరగా ఉన్నదనుకుంటే అంత చిన్నదిగాను ఎంత దూరంగా ఉన్నదను కుంటే అంత పెద్దదిగాను తోస్తుంది.

ఇలాటి దృగ్భ్రమను వర్ణించే కథ ఒకటి ఎడ్గార్ అలన్ పో రచించినది సరదాగా మీకు చెపుతాను. సత్యానికి దూరంగా ఉన్నదనిపించినప్పటికీ అది కల్పిత కథ కాదు. అలాటి భ్రమ నాకే ఒకసారి కలిగింది. మీ అనుభవంలో కూడా అలా భ్రమలుండి ఉండవచ్చు.

## "స్ఫింక్స్"

ఎడ్గార్ అలన్ పో రచన

(కొద్ది కత్తిరింపులతో)

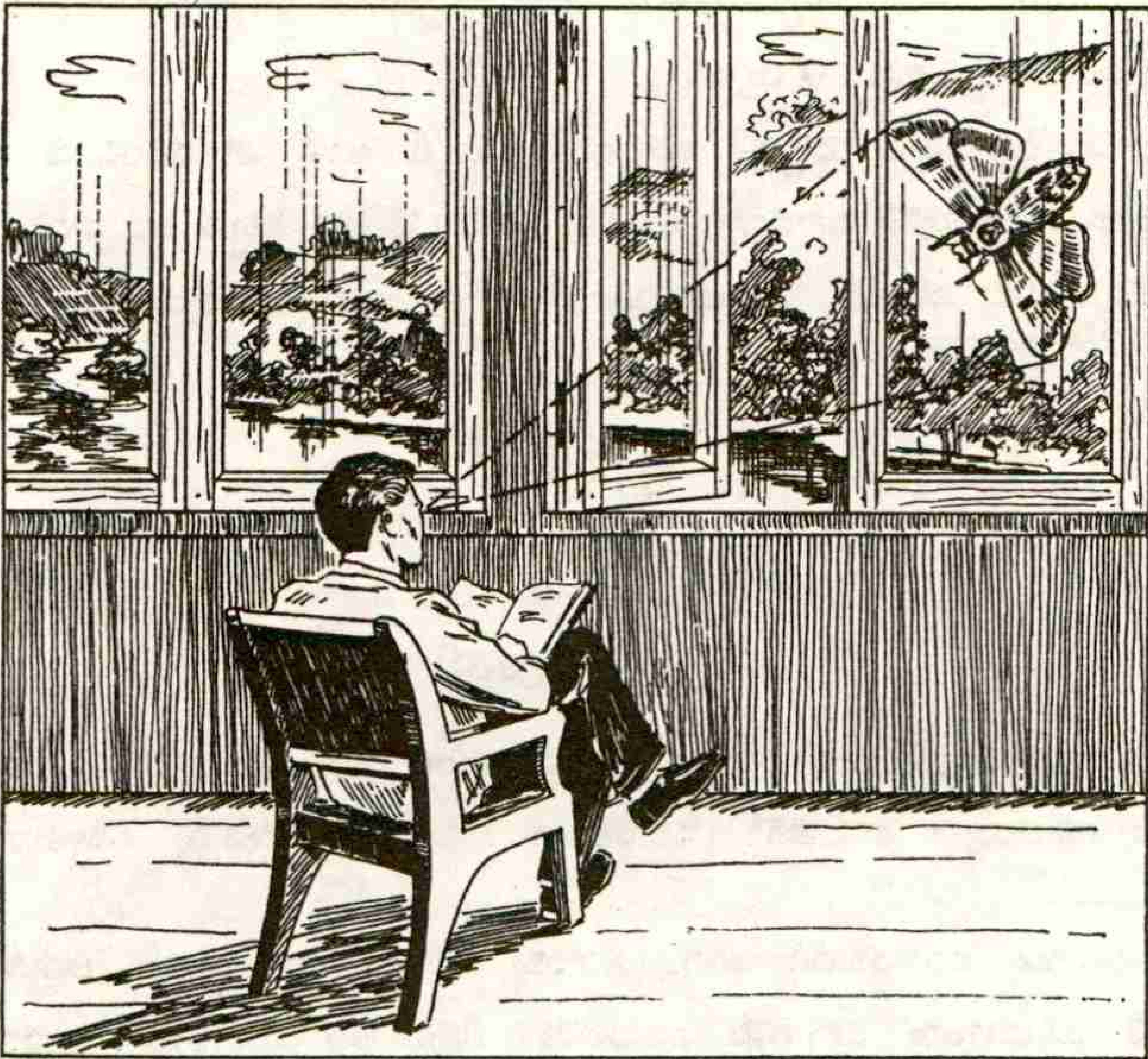
"న్యూయార్కులో కలరా తాండవిస్తున్న సమయంలో ఒక బంధువు రెండు వారాలపాటు తన ఊరు అవతలవున్న కాటేజిలో ప్రశాంతంగా గడపమని ఆహ్వానిస్తే ఒప్పుకున్నాను....

---

* ఈనాడు అంగారకుడికి ఇతర గ్రహాలకు సంబంధించిన వివరాలు అచ్చుగా చూసి తెలుసుకునే విషయాలకు మాత్రమే పరిమితమై లేవు. అతి సున్నితమైన ఉపకారణాలు సేకరించిన కొలతలద్వారా మనకు కొంత స్పష్టమైన విశ్వసనీయమైన జ్ఞానం గ్రహాల, ఉపగ్రహాల, భౌతిక పరిస్థితులను గురించి లభ్యమవుతున్నది.

పట్నంనుంచి ప్రతి ఉదయము దారుణ వార్తలు వస్తూ ఉండబట్టిగాని మాకు సరదాగా కాలం వెళ్లి ఉండవలసినదే. ప్రతిరోజు ఎరిగినవాళ్లలో ఎవరో ఒకరు చనిపోయినట్టు వార్త వస్తూనే ఉంది.... చివరకు వార్తాహరుడు వస్తాడంటేనే హడలైపోయింది. దక్షిణపు గాలిలోనే మృత్యువున్నదా అనిపించినది. ఆదిక్కుమాలిన ఆలోచన నాకు మనోవ్యాధి అయిపోయింది.... నాకు ఆతిథ్యమిచ్చినాయన అంత ఉద్రిక్త స్వభావుడుకాడు. విచారం ఆయననూ పీడిస్తున్నప్పటికీ నేను కుంగిపోకుండా చూడటానికి యత్నించాడు....

"ఆరోజు ఎండ ప్రచండంగా ఉంది. సాయంకాలంవేళ పుస్తకం చేతపట్టి కిటికీ దగ్గర కూర్చొని అందులోనుంచి కనిపించే నది ఒడ్డులను, దూరాన ఉన్న కొండలనూ చూడసాగాను.... నా ఆలోచనలు పుస్తకం మీదనుంచి సమీపంలో వున్న దౌర్భాగ్యపు నగరంకేసి ఎప్పుడో వెళ్లాయి. నేను పుస్తకం మీదనుంచి దృష్టి పైకెత్తి దూరపు కొండనూ మరొక ఆకారాన్ని చూసాను – ఒక వికృత రాక్షసాకారాన్ని చూశాను. అది క్షణంలో కొండ అగ్రంనుంచి దిగి, దిగువన ఉండే దట్టమైన అరణ్యంలో అదృశ్యమైంది. ఈ రక్కసి మొట్టమొదట కంటబడినప్పుడు నాకు మతిస్థిమితం పోయిందనిపించింది – కనీసం నాకళ్లను



చిత్రం 128. "ఒక వికృత రాక్షసాకారాన్ని చూశాను."

నేను నమ్మలేకపోయాను. నాకు మతి చెడలేదనీ నేను కలగనడం లేదనీ రూఢి చేసుకునేటందుకు అనేక నిమిషాలు పట్టింది. కాని నేనా రాక్షసిని వర్ణించినట్టయితే నాపాఠకులు నేను నమ్మినపాటి కూడా నమ్మలేకపోతారేమో అని నా సందేహం. (ఆ ప్రాణి ఎదుట మసులుతున్నంత సేపు నేను దాన్ని స్పష్టంగాను తాపీగాను చూశాను.)

"ఆ రాక్షసిని సమీపంలో ఉండిన పెద్ద చెట్ల ప్రమాణాన్ని బట్టి అంచనావేస్తే.... అది యుద్ధనౌకలన్నిటికన్నా పెద్దదనిపించింది. యుద్ధనౌక అని ఎందుకన్నానంటే ఆ రాక్షసి ఆకారం చూస్తే అలా అనిపించింది. దాని నోరు 60, 70 అడుగుల పొడుగుగల తొండం చివరవున్నది. తొండం బాగా మామూలు ఏనుగు శరీరమంత లావున్నది. తొండం మొదటలో చాలా ఎక్కువగా నల్లని బొచ్చున్నది.... ఈ బొచ్చునుంచి కిందకీ, పక్కలకూ రెండు ధగధగలాడు దంతాలు — అడవి పంది కోరలు లాటివి, కాని అంతకంటె ఎన్నోరెట్లు పెద్దవి — పొడుచుకొస్తున్నాయి. తొండంతోపాటే దానికి రెండుపక్కలా ముందుకువచ్చి 30, 40 అడుగుల పొడుగుగల రెండు కొమ్ములు స్వచ్ఛమైన స్ఫటికంతో చేసినట్టుగా ఉన్నవి. అవి అస్తమించే సూర్యుడి కిరణాలను బ్రహ్మాండంగా ప్రతిఫలిస్తూ తళతళ మెరుస్తున్నాయి. దాని తొండం గసిక ఆకారంలో ఉండి దాని అంచు కిందికి ఉన్నది. దానినుంచి రెండుజతల రెక్కలు వస్తున్నాయి. ఒక్కొక్క రెక్క నూరేసి గజాల నిడివి వున్నది. ఒక జత రెక్కలకు ఎగువగా రెండో జత ఉన్నవి. అన్నిటిపైనా దట్టంగా లోహపు పొరలున్నాయి. ఒక్కొక్క పొర నిడివి దాదాపు 10, 12 అడుగుల వ్యాసం కలిగి ఉన్నట్టు ఉన్నది.... కాని ఈ ఘోర ప్రాణిలో ఉన్న ప్రధాన చిహ్నమేమిటంటే దాదాపు దాని రొమ్మునంతా ఆక్రమించి ఉన్న మనిషి పుర్రె బొమ్మ. అది నల్లని శరీరంమీద కొట్టవచ్చేటట్టు తెల్లగా మెరుస్తూ ఎవరో చిత్రకారుడు శ్రద్ధగా చిత్రించినట్టు ఉన్నది.

"ఈ భయంకర ప్రాణిని, ప్రత్యేకించి దాని ఛాతీమీదగల బొమ్మను గమనించే సమయంలో.... దాని తొండం చివర ఉన్న దవడలు తెరుచుకొని వాటినుంచి ఎంత గట్టిగా ఆర్తనాదం వినిపించిందంటే నేను దాన్ని మృత్యువుకేకలాగ భావించి స్పృహ తప్పి కింద పడిపోయాను. అదేసమయంలో అది కొండ దిగువున అంతర్థానమైంది.

"తిరిగి స్మారకం కలగగానే నాకు కలిగిన మొదటి ఆలోచన నా మిత్రుడికి నేను కన్నదీ, విన్నదీ చెప్పాలని.... అతను నేను చెప్పినది ఆసాంతం విన్నాడు. మొదట్లో నవ్వేశాడు — తరువాత నాకు నిశ్చయంగా మతిపోయిందనుకొన్నవాడిలాగ గంభీర ముద్రధరించాడు. అదే క్షణంలో ఆ రాక్షసి తిరిగి నా కళ్లపడింది. — నేను కెవ్వున భయంతో అరచి దానికేసి చూపించాను. అతను ఆత్రంగానే చూశాడు. అది కొండ దిగిరావడం ఎంత వివరంగా చెప్పినప్పటికీ తనకేమీ కనబడలేదన్నాడు....

''నేను కుర్చీలో వెనక్కి పడిపోయి నా ముఖాన్ని చేతులతో కప్పుకున్నాను. నేను కళ్లమీదనుంచి చేతులు తీసి చూసేసరికి అది కనిపించడంలేదు.

''నా మిత్రుడు.... నా ఊహాప్రాణి ఆకృతి గురించి తరిచితరిచి ప్రశ్నించాడు. అతనికి కావలసిన వివరాలన్నీ నానుంచి వచ్చాక పెద్ద బరువు దిగిపోయినట్టుగా అతను నిట్టూర్చి.... పుస్తకాల అలమారుదగ్గరకు వెళ్లి ప్రకృతి శాస్త్రానికి సంబంధించిన ఒక పుస్తకాన్ని తెచ్చాడు. పుస్తకంలోని చిన్నదైన అచ్చు చదవటానికి వీలుగా అతను తన కుర్చీ నాకిచ్చి కిటికీవద్ద నేను కూర్చున్న కుర్చీలో కూర్చుని ముందులాగే తిరిగి సంభాషణ సాగించాడు.

'' 'మీరు ఆ రాక్షసిని అంత సూక్ష్మంగా వర్ణించబట్టిగాని లేకపోతే అది ఏమిటో వివరించడం నాకు సాధ్యమై ఉండకపోను. ముందు నన్ను స్ఫింక్స్ గురించి విద్యార్థులు చదువుకొనేది చదివి వినిపించనీ అది కీటకాల జాతిలో లాపిడోప్టెరా వర్గంలో, క్రెపుస్క్యులారియా వంశంలో స్ఫింక్స్ కుటుంబానికి చెందినది. దాని వర్ణన ఈ విధంగా వుంది.

'' 'లోహమును బోలిన రంగురంగుల పొరలుగల ఉల్లిపొరలువంటి రెక్కలు నాలుగుండును. దౌడల పొడుచుకొని వచ్చుటవలన ఏర్పడిన ముడతలు గల తొండముతో కూడిన నోరుండును. దాని ప్రక్కన అపరిమితములైన దౌడ ఎముక చిగుళ్లును గలవు. దిగువ రెక్కలు ఎగువ రెక్కలతో బిరుసైన వెంట్రుకలతో సంధించి ఉండును. స్పర్శిమలు పట్టకాకృతిగల నిడుపైన దుద్దుక్కర ఆకారము కలిగివుండును; ఉదరము కొనతేలియుండును. పుర్రె స్ఫింక్స్ ఒకొక సమయమందు తాను వెలువరించు విషాదపూరితమైన కూతతోడను, తన వక్ష కవచముపైగల పుర్రె చిహ్నముతోడను అమాయకులను భయపెట్టును.'*

''అతనిప్పుడు పుస్తకం మూసిపెట్టి కుర్చీలో ముందుకువంగి, నేనా రాక్షసిని చూసినప్పుడుండిన స్థానంలోకి వచ్చాడు.

'' 'ఆ, అదుగో! కొండ ఎగువకేసి మళ్లీ ఎక్కుతున్నది. విచిత్రమైన ప్రాణి అనడానికేమి సందేహంలేదు. అయినా అది మీరనుకున్నంత పెద్దదీకాదు అంత దూరంగాను లేదు. సంగతేమిటంటే.... అది యీ కిటికీ చట్టానికి సాలీడు అల్లిన దారం వెంబడి ఎగబాకుతున్నది....' ''

---

* ఈ సీతాకోకచిలుక ఇప్పుడు Acherontia (ఎకిరోంటియా) వంశంలో చేర్చబడింది. ధ్వనిచేయగల కొద్ది రకాల సీతాకోకచిలుకలలో ఇదొకటి. దీని ధ్వని మంచు కూతను పోలి ఉంటుంది. నోటితో ధ్వని చేయగల సీతాకోకచిలుక ఇదొకటే. దీని కూత హెచ్చు స్థాయిలో ఉండి కొన్నిమీటర్ల దూరం వినిపిస్తుంది. ఈ సందర్భంలో వినేవాడు ధ్వని చాలా దూరంనుంచి వస్తున్నట్టు భావించడంచేత ఆ కూత చాలా పెద్ద ధ్వనికలదిగా తోచి ఉండవచ్చు. —''నిత్యజీవితంలో భౌతికశాస్త్రం'' మొదటి భాగంలోని 10 వ అధ్యాయంలో ''చెవులు చేసే మోసం'' చూడండి.

# మైక్రోస్కోపు పెద్దగా ఎందుచేత చూపుతుంది?

"ఎందుచేతంటే అది కిరణాల మార్గాలను భౌతికశాస్త్ర పాఠ్యపుస్తకాలలో చెప్పిన విధంగా మార్చుతుంది గనక" అన్న జవాబు తరుచు వినిపిస్తూ ఉంటుంది. అయితే ఇది డొంకతిరుగుడు కారణం. మూలకారణానికీ దీనికీ ఏమీ సంబంధం లేదు. ఇంతకూ, టెలిస్కోపులు, మైక్రోస్కోపులు వస్తువులను పెద్దవిగా చేసి చూపడానికి గల ముఖ్యకారణమేమిటి?

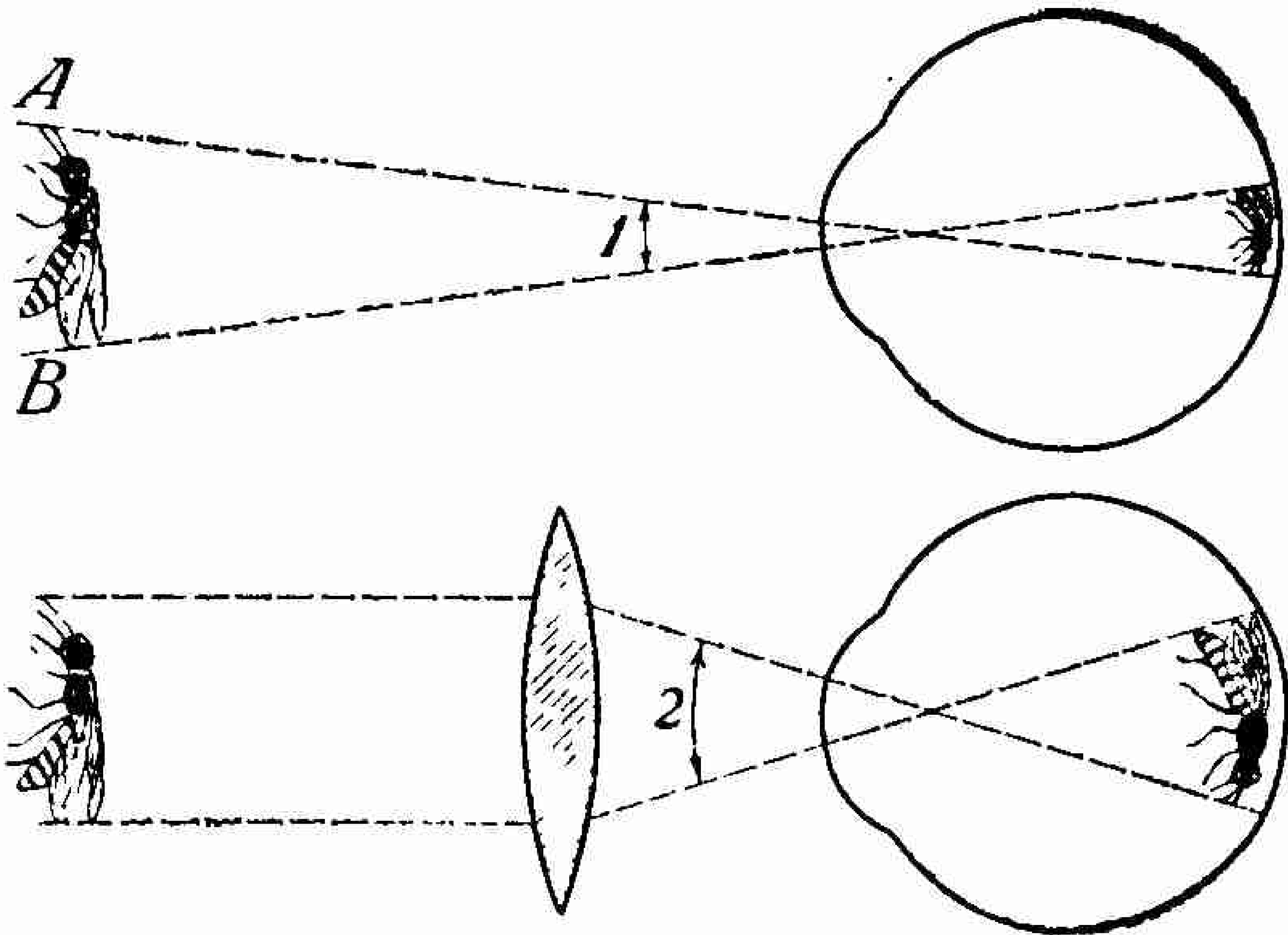
నేను స్కూలు విద్యార్థిగా ఉన్నప్పుడు తలవని తలంపుగా ఈ ప్రశ్నకు సమాధానం దొరికింది — పాఠ్యపుస్తకాలనుంచికాదు. అతి విచిత్రమూ, విహ్వాలకరమూ అయిన విషయం ఒకటి గమనించాను. నేనొక మూసి ఉన్న కిటికీవద్ద కూర్చుని, రోడ్డుకి అవతలవక్క ఉన్న ఇంటి గోడకేసి చూస్తూ ఉండగా గోడమీదనుంచి అనేక మీటర్ల నిడివిగల కన్నొకటి నాకేసి చూస్తూండడం కనబడి దడ పుట్టుకొచ్చింది. నేనప్పటికి ఎడ్గార్ అలన్ పో రాసిన కథ చదివి ఉండలేదు. అందుచేత ఆ దయ్యపు కన్ను నాకంటి ప్రతిబింబమేనని ఆ ప్రతిబింబాన్ని నేనే గోడమీదికి విక్షేపింపచేసి అది రాక్షస ప్రమాణంలో ఉన్నట్టు ఊహించానని తట్టలేదు.

జరిగినదేమిటో అర్థం చేసుకున్నాక ఇలాటి దృగ్భ్రమ ఆధారంగా మైక్రోస్కోపు ఎందుకు చేయకూడదనిపించింది. నా ప్రయత్నాలన్నీ విఫలమయ్యాయి. — కాని ఒక్క మంచి పని జరిగింది. — మైక్రోస్కోపు పెద్దదిగా ఎందుకు చూపుతుందో అర్థం చేసుకున్నాను. దీనికి కారణం మనం చూసే వస్తువు పెద్దదిగా కనిపించడం కనేకాదు. దానిని మనం మరింత విశాల దృక్కోణంతో చూడడం. అందుచేత మన రెటీనా మీద బింబం ఎక్కువ మేర ఆక్రమించుకుంటుంది. — ఇదే ప్రధాన విషయం.

దృక్కోణంయొక్క ప్రాముఖ్యం బోధపడగలందులకు మన కంటిని గురించి ఒక ప్రధాన విషయం చెబుతాను. ఒక మినిట్ (డిగ్రీలో 60 వ వంతు) కన్న తక్కువ కోణంలో మనం చూస్తే ఏవస్తువుగాని, వస్తువులోని భాగంగాని మామూలు కంటికి ఒక బిందువులాగా కనబడుతుంది. దానికి ఆకృతీ అంతర్భాగాలూ కానరావు. ఒక వస్తువు మరీ దూరంగా ఉండడంచేతగాని, లేదా ఆ వస్తువుగాని దాని భాగాలుగాని మరీ చిన్నవిగా ఉండడంచేతగాని, మనదృష్టికి ఒక మినిటు కన్న తక్కువ కోణంలో కనబడినప్పుడు దాని తాలూకు వివరాలు ఏవీ మనకు కనబడవు. దీనికి కారణమేమంటే, అంత తక్కువ కోణంలో చూసే వస్తువు యొక్క లేక దాని భాగంయొక్క బింబం మన రెటీనామీద ఎన్నో నరాల చివరలమీద కాక

ఒక్క జీవకణం మేర మాత్రమే పడుతుంది. మనకు ఒక బిందువు మించి వస్తువు రూపంగాని, నిర్మాణంగాని ఏమీ కనబడదు.

మనం మైక్రోస్కోపులోగాని టెలిస్కోపులోగాని ఒక వస్తువు చూసినప్పుడు దానినుంచి వెలువడే కిరణాలు ప్రసరించే మార్గం మార్పు చెంది ఆ వస్తువు మరింత విశాలమైన దృక్కోణంలో కనబడుతుంది. రెటీనా పైన పడే బింబం విస్తరించి అనేక జీవకణాల మేర ఆక్రమించడంవల్ల మొట్టమొదట బిందువుగా కనిపించినదానిలో ఇప్పుడు వివరాలు కనిపిస్తాయి. ఒక మైక్రోస్కోపుకుగాని, టెలిస్కోపుకుగాని బింబవిస్తరణ బలం 100 అని అంటే వట్టి కంటికి వస్తువు ఎంత ప్రమాణంగల కోణంలో కనబడుతుందో దానికి నూరురెట్లుగల కోణంలో మైక్రోస్కోపు (లేక టెలిస్కోపు) అదే వస్తువును చూపగలదని అర్థం. ఏదృక్సాధనంగాని మన దృక్కోణాన్ని విస్తరించలేనప్పుడు మనకు వస్తువు పెద్దదిగా




చిత్రం 129. రెటీనామీద పడే బింబాన్ని లెన్సు పెద్దదిగా చేస్తుంది.

కనిపిస్తున్నట్టు భావన కలిగినప్పటికీ ఆ సాధనానికి విస్తరణ శక్తి ఏమీ లేదన్నమాటే. ఇటుకల గోడమీద నాకు బ్రహ్మాండమైన కన్ను కనబడింది. కాని అందులో నాకు అద్దంలో చూసుకుంటే కనబడిన వివరములను మించి అధికంగా ఏమీ కనబడలేదు. చంద్రబింబం ఆకాశంలో పైకి వచ్చినప్పుడు కన్న ఉదయించినప్పుడు చాలా పెద్దదిగా కనిపిస్తుంది. కాని నడినెత్తిన వున్నప్పుడు కన్న ఎక్కువ వివరాలేవీ చంద్రుడిలో మనకు ఉదయించినప్పుడు కనిపించవు.

ఎడ్గార్ అలన్ పో వర్ణించిన రాక్షస కీటకం విషయంలో కూడా పెద్దదిగా కనిపించిన వస్తువులో కొత్తవివరాలేవీ కనిపించక పోవటం మనం గమనించగలం. సీతాకోకచిలుక మనకు

కనిపించే దృక్కోణం, దానిని దగ్గరగా కిటికీ చట్రంమీద వున్నట్లు ఊహించినా దూరంగా అడవిలో వున్నట్లు ఊహించినా ఒకటిగానే వుంటుంది. దృక్కోణం మారకపోవడంవలన పెద్దదిగా కనిపించే వస్తువు ఎంత అద్భుత ప్రమాణాలు కలదయినప్పటికీ అందులో కొత్తవివరాలు ఏవీ కనబడవు. సహజంగా కళాకారుడైన ఎడ్గార్ అలన్ పో యీ విషయంలో కూడా ప్రకృతికి న్యాయం చేశాడు. అతను "రాక్షసి"ని ఎలా వర్ణించాడో మీరు గమనించారను కుంటాను. ఆ కీటకం తాలూకు వివిధ భాగాల వర్ణనలో ఉత్తకంటితో చూస్తే కానరాని దేమీ లేదు. రెండు వర్ణనలను పోల్చి చూడండి — వాటిని నిరర్థకంగా యివ్వలేదు. వాటి మధ్య తేడా విశేషణాలలో మాత్రమే. (పదేసి అడుగుల పొరలు — చిన్న పొరలు, 30, 40 అడుగుల కొమ్ములు బిరుసైన వెంట్రుకలు వగైరా ఉన్నాయి.) ఉత్తకంటికి కనబడని కొత్త వివరాలేవీ మొదటి వర్ణనలో లేవు.

మైక్రోస్కోపు చేసే విస్తరణ ఇలాటిదే అయితే శాస్త్రవేత్తలకది నిరుపయోగమైన ఆటవస్తువు మాత్రమే అవుతుంది. కాని అది ఇంతమాత్రమే కాదని మనకు తెలుసు. మైక్రోస్కోపుతో మన సహజదృష్టి విస్తరించి కొత్త ప్రపంచాన్ని చూడగలిగిందన్న సంగతి మనం ఎరుగుదుం.

ఎడ్గార్ అలన్ పో రాక్షసంత సీతాకోకచిలుకలో గమనించలేక పోయిన వివరాలను మైక్రోస్కోపు ఎలా చూపగలుగుతుందో మనమిప్పుడు స్పష్టంగా చెప్పగలం. మైక్రోస్కోపు కేవలం వస్తువులను పెద్దవి చేసి చూపించడమే కాదు. వాటిని విస్తృతమైన దృక్కోణంలో చూపుతుంది. అందుచేత రెటీనా పైన విస్తరించి బింబం పడుతుంది. అది హెచ్చు సంఖ్యగల దృగ్జీవకణాలపైన పడి హెచ్చు సంఖ్యగల దృగ్భావాలను కలిగిస్తుంది. ఒక్క ముక్కలో చెప్పాలంటే మైక్రోస్కోపు పెద్దదిగా చేసేది వస్తువులను కాదు, రెటీనా పైన పడే దాని బింబాన్ని.

## దృష్టి భ్రమలు

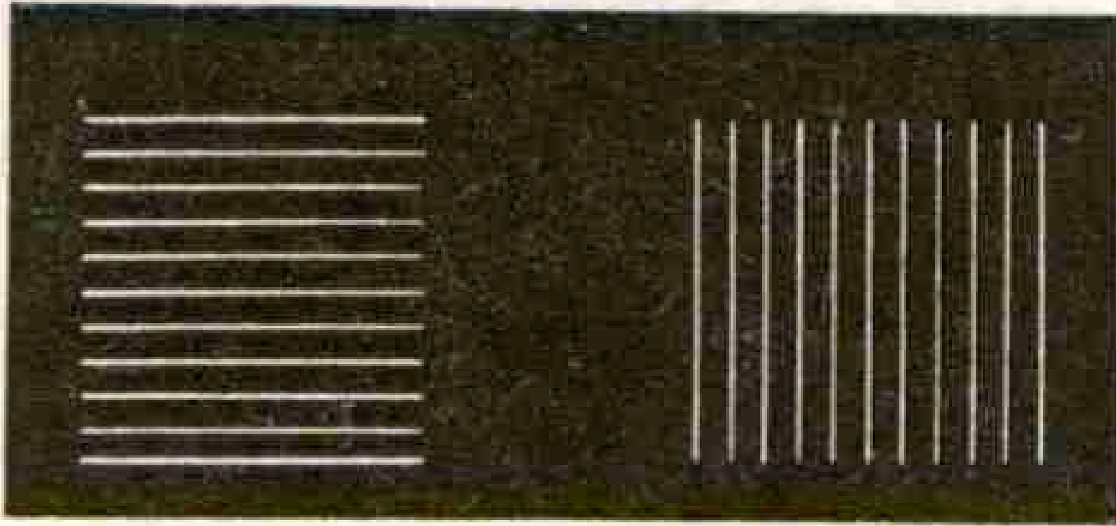
"కంటి భ్రమ," "చెవి భ్రమ" అనే మాటలను తరుచు వాడుతాం. కాని ఈ విధమైన వ్యక్తీకరణ తప్పు. కాని జ్ఞానేంద్రియాలు మోసపోవడమనేది వుండదు. యీ విషయమై కాంట్ అనే తత్వవేత్త వాస్తవాన్ని ఇలా చెప్పాడు. "జ్ఞానేంద్రియాలు మనను మోసగించవు. అవి ఎప్పుడూ సరియైన తీర్పే యిస్తాయని కాదు. అసలు ఏతీర్పూ యివ్వవనే."

అయితే "ఇంద్రియభ్రమల"నే వాటిలో మనని మోసగించేదేమిటి? యీ విషయాలను గురించి తీర్పు యిచ్చేదేదో — అదే. అంటే మన మెదడు. నిజంగా అనేక దృగ్భ్రమలు

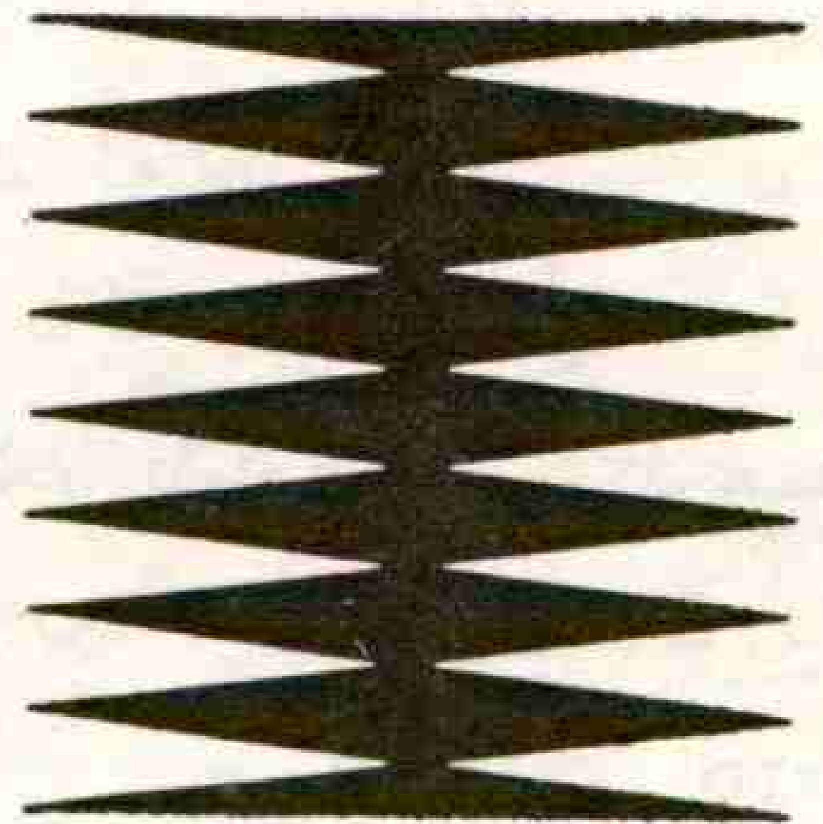
ఎందుకు కలుగుతాయంటే మనం చూడడమేగాక మనకు తెలియకుండానే గ్రహిస్తాం. అలా చేసి అనుకోకుండా మనని మనమే మోసగించుకుంటాము. అంచేత ఇది ''ఇంద్రియ భ్రమ'' కాదు, ''ఊహా భ్రమ.''

''వస్తువుల స్వభావాన్ని మన కళ్లు గ్రహించ లేవు. అందుచేత వాటికి ఊహాభ్రమలు అంటగట్టకు'' అని ల్యూక్రేటియస్ సుమారు 2000 ఏళ్లక్రితం చెప్పాడు.

అందరికీ తెలిసిన దృగ్భ్రమను తీసుకుందాం. చిత్రం 130 లో ఎడం ప్రక్కన వున్న బొమ్మ కుడిపక్కన వున్నదానికన్న వెడల్పు తక్కువగా కనిపిస్తుంది. కాని నిజానికి



చిత్రం 130. ఏది ఎక్కువ వెడల్పు కుడి పక్క బొమ్మా ఎడమ పక్క బొమ్మా?



చిత్రం 131. ఏది హెచ్చు — ఎత్తా వెడల్పా?

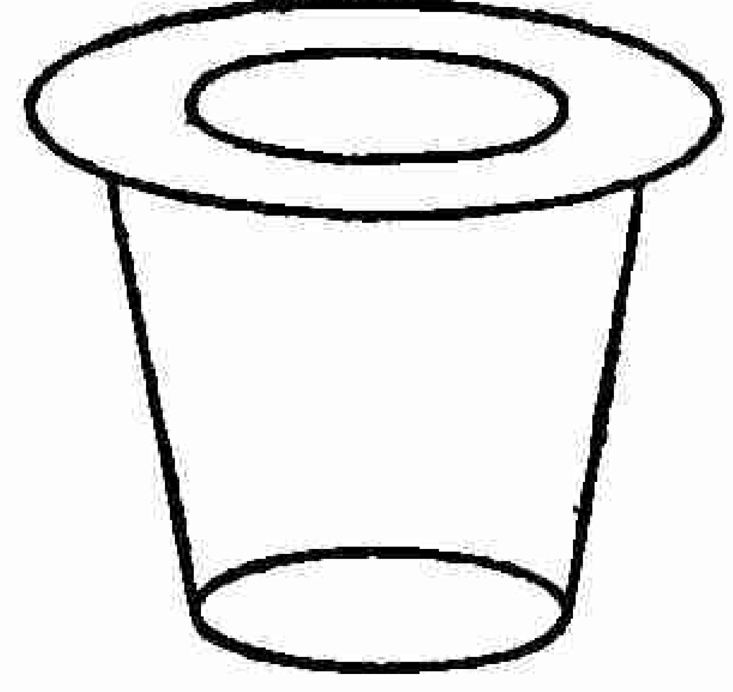
రెండూ ఒకే ప్రమాణంగల చదరాలే. ఇలా జరగడానికి కారణం ఏమంటే మనం ఎడంపక్కన వున్న చదరం యెత్తును ఊహించేటప్పుడు గీతల మధ్య వున్న ఎడాలను అవ్యక్తంగా చేర్చుతాము. అందుచేత అది ఎక్కువ ఎత్తుగా వున్నట్టు కనిపిస్తుంది. నిజానికి రెండిటి ఎత్తూ ఒక్కటే. కాని ఇందుకు విరుద్ధంగా కుడి పక్క బొమ్మ వెడల్పు దాని ఎత్తుకన్న జాస్తిగా ఉన్నట్టు అనిపిస్తుంది. అదే కారణంవలన చిత్రం 131 లో వున్న బొమ్మ ఎత్తు దాని వెడల్పుకంటె ఎక్కువ అనిపిస్తుంది.

## దర్జీపనికి ఉపకరించే భ్రమలు

యింతకు ముందు చెప్పిన దృగ్భ్రమలు పెద్ద వస్తువుల విషయంలో — ఒక్క చూపులో కన్ను సాంతం చూడలేనంత పెద్ద వస్తువులకు — వర్తించవు. పొట్టిగా లావుగా

ఉండేవాడు అడ్డచారల దుస్తులు ధరిస్తే సన్నగా కనిపించక పైపెచ్చు మరింత లావుగా కనిపిస్తాడన్నది మనకందరికీ తెలుసు. అదే నిలువు చారల దుస్తులు ధరిస్తే లావుపాటి వాడు కాస్త సన్నగా కనిపిస్తాడు. (యీ భ్రమ ముందు చెప్పిన భ్రమకు పూర్తిగా విరుద్ధం.)

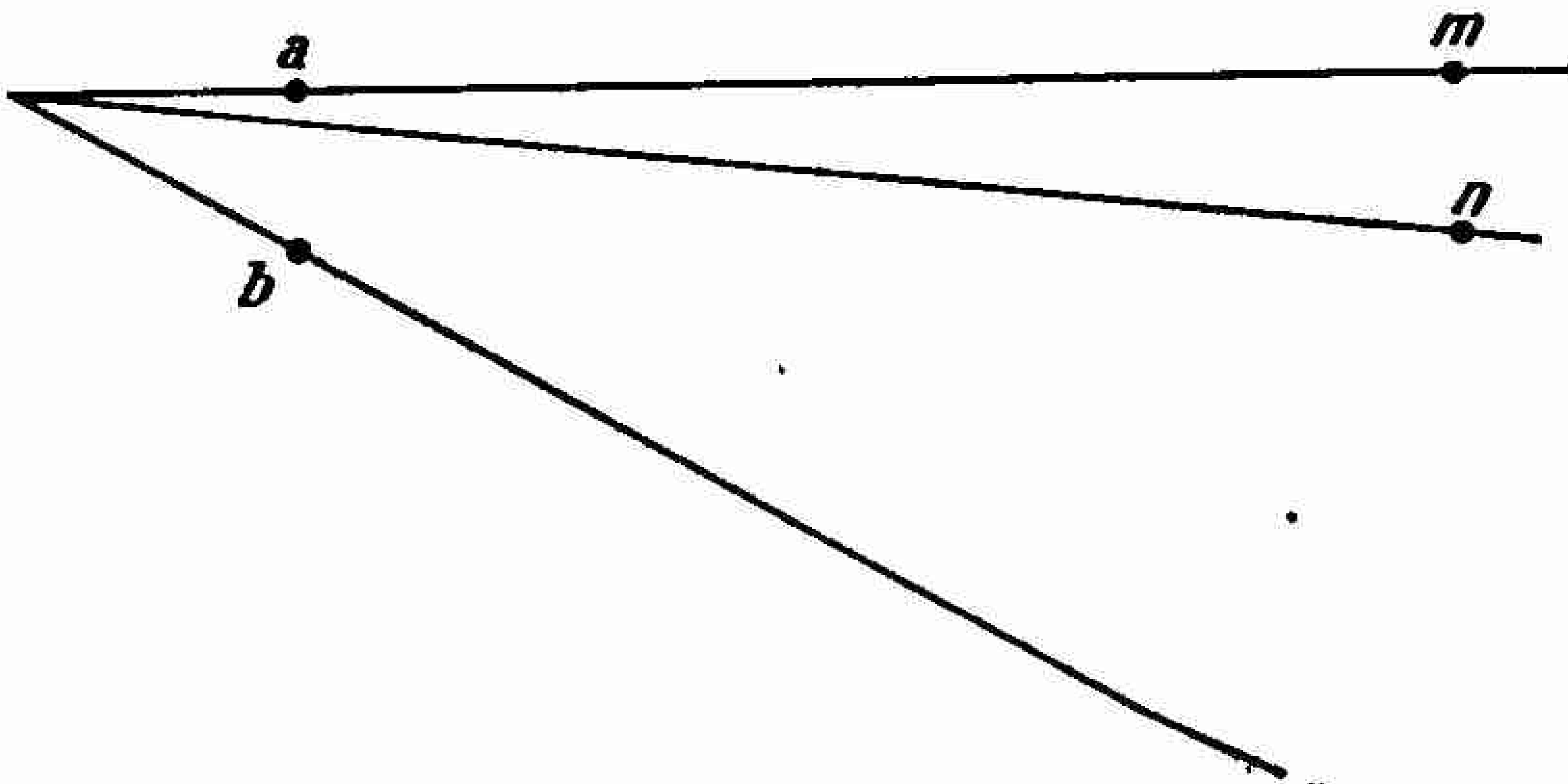
యీ అసంగతానికి కారణమేమిటి? మనం కంటిని కదిలించకుండా ఒకేచూపులో దుస్తులు సాంతం చూడలేం. కన్ను కదిలేటప్పుడు అప్రయత్నంగా చారల వెంబడి కదులుతుంది. అలా కదలటంలో కంటి కండరాలు పడే శ్రమ మూలాన చారలున్న దిక్కుగా హెచ్చు నిడివి వున్నట్టు భావిస్తాము. ఎందుకంటే మన దృష్టిక్షేత్రంలో పట్టని (అంటే కన్ను కదిలించి చూడ వలసిన) వస్తువుల ప్రమాణాన్ని మనం కంటి కండరాలు పడే శ్రమను బట్టి అంచనా కట్టడానికి అలవాటు పడి వున్నాము. చిన్న చారలబొమ్మకేసి చూడటానికి కన్ను కదలనవసరం వుండదు. కండరాలు అలయవు.



చిత్రం 132. ఏ దీర్ఘవృత్తం పెద్దది? దిగువదా? ఎగువ లోపలగా ఉన్నదా?

## ఏది పెద్దది?

చిత్రం 132 లో ఏ దీర్ఘవృత్తం పెద్దది – దిగువన వున్నదా? లేక ఎగువన లోపలగా వున్నదా? పైదానికన్నా దిగువదే పెద్దది అన్న భావాన్ని పోగొట్టుకోవడం కష్టం. వాస్తవానికి రెండూ సమమే. వెలుపల మరొక దీర్ఘవృత్తం వున్న కారణంచేతనే దాని లోపల వున్నది




చిత్రం 133. ఏది ఎక్కువ దూరం – *ab* లేక *mn*?

దిగువ వున్నదాని కన్న చిన్నదిగా తోస్తుంది. బొమ్మ రెండు కొలతలదిగా కాక మూడు కొలతలదిగా బొక్కెన ఆకారంలో వున్నట్టుండడం మూలాన యీ భ్రమ మరింత అవుతుంది. మనం అప్రయత్నంగా ఆ దీర్ఘవలయాలను, ఒక పక్కగా పర్యాలోకంలో కనిపించే వృత్తాలుగా ఊహించుకుంటాం; నిలువు గీతలు బొక్కెన పక్కలలాగా తోస్తాయి.

చిత్రం 133 లో *m, n* లమధ్యగల దూరం కన్న *a, b* లమధ్యగల దూరం హెచ్చుగా వున్నట్టు తోస్తుంది. అదే కోణంనుంచి మరొక సూటిరేఖ మధ్యగా ఉండడంచేత యీ భ్రమ మరింతగా వుంటుంది.

## భావనా శక్తి

దృగ్భ్రమలలో హెచ్చుభాగం మన కళ్లకు వాస్తవంగా కనిపించే దానిపైన మాత్రమే గాక మనం ఏం చూస్తున్నామనుకుంటామో దానిపైన కూడా ఆధారపడతాయని ముందే చెప్పాను. "మనం కళ్లతో చూడం, మెదడుతో చూస్తాం" అంటారు శరీరశాస్త్రవేత్తలు. చూసేటప్పుడు భ్రమలు కలగడంలో మెదడు మనకు తెలిసి ఎలా పని చేస్తుందో కొన్ని ఉదాహరణలు తెలుసుకున్నట్టయితే యీ మాటలు నిజమని మీకు కూడా తెలిసివస్తుంది.

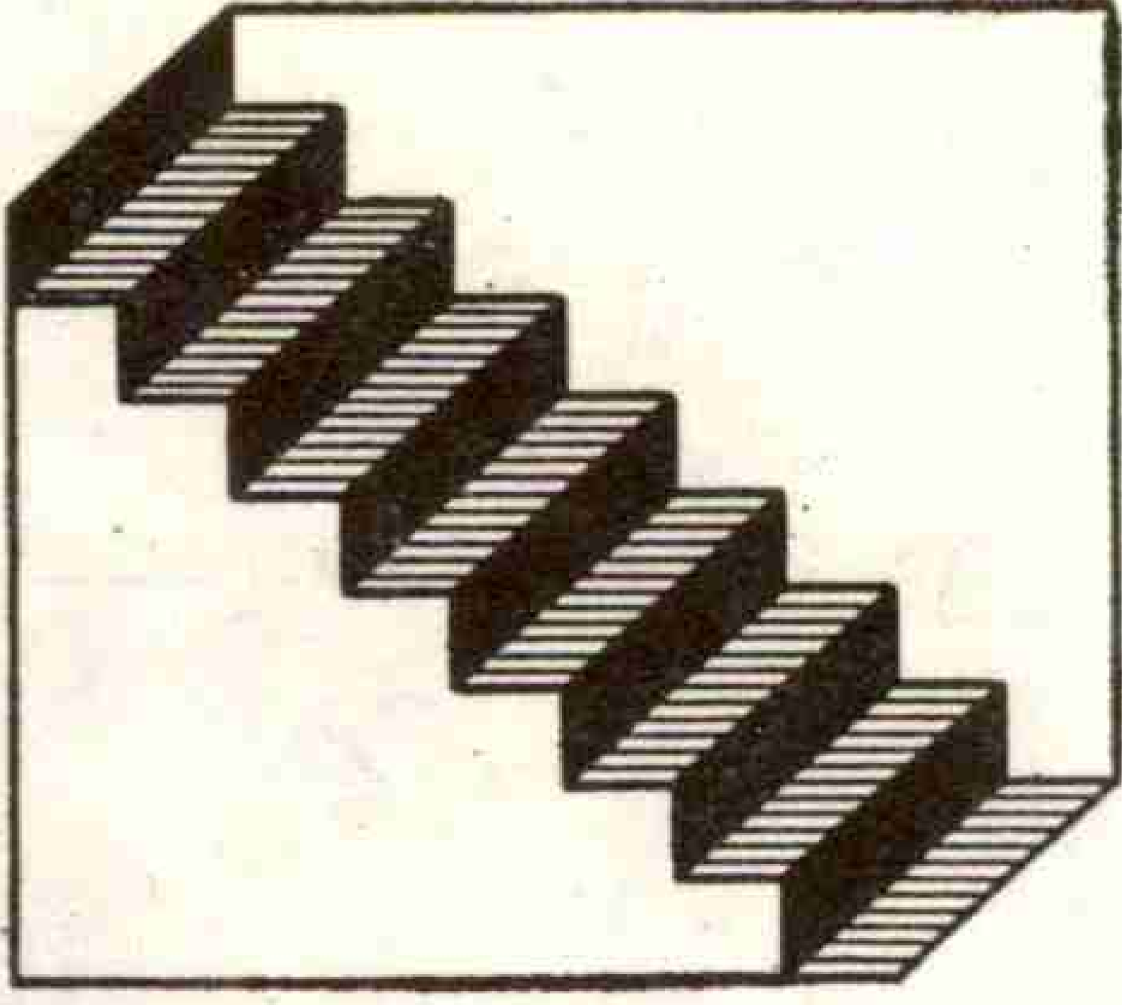
చిత్రం 134 చూడండి. దానిని మీ మిత్రులకు చూపి, అదేమిటని అడిగితే వాళ్ల మూడు విధాలుగా సమాధానం చెప్పవచ్చు. అవి మెట్లని కొందరనవచ్చు; అది గోడలో మలచిన గూడు అని మరికొందరనవచ్చు; అది మడతలు మడతలుగా తయారు చేసి తెల్ల కాగితంమీద ఒక మూలనుంచి ఇంకో మూలకు పరచిన కాగితమని మరికొందరనవచ్చు.

చిత్రమేమంటే, మూడూ సరియైన సమాధానాలే. మనమే ఆ బొమ్మను మూడు రకాలుగాను దృష్టిని మార్చి చూడవచ్చు. మొదట బొమ్మలోని ఎడమ సగాన్ని చూసినట్టయితే మెట్లవరుస, (చీడీ) కనిపిస్తుంది. తరవాత మీకంటిని కుడివైపుకు తిప్పుతూ చూడండి. గూడు కనిపిస్తుంది. చివరకు కంటిని కుడివైపు దిగువ కోణంనుంచి ఎడంవైపు ఎగువు కోణానికి దృష్టి సారించండి, మీకు కాగితం మడతలు కనిపిస్తాయి.

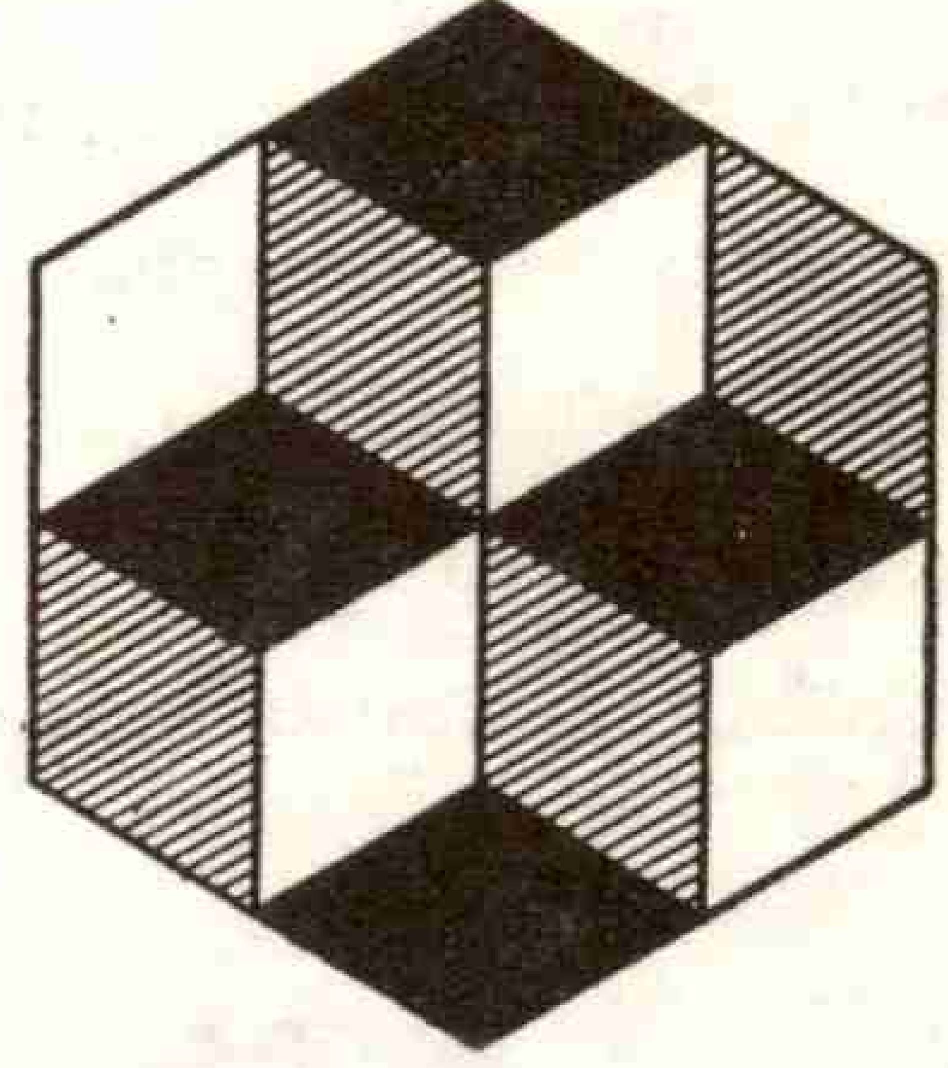
బొమ్మకేసి అదేపనిగా చూస్తే మెదడు అలిసిపోయి మన కోరికతో సంబంధం లేకుండా మూడు రకాల వస్తువులు మారి మారి కనిపిస్తాయి.

చిత్రం 135 కూడా అలాటిదే.

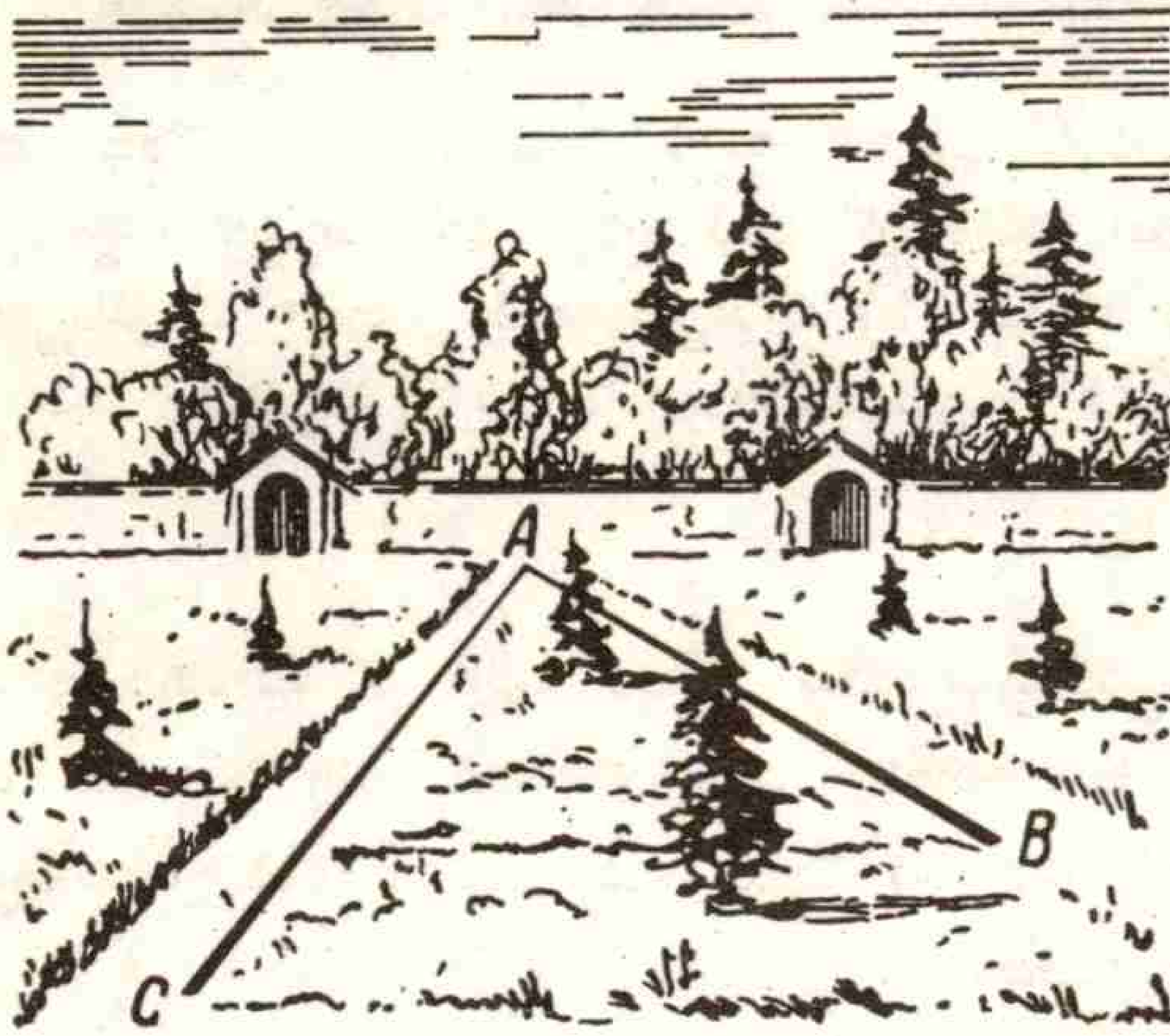
చిత్రం 136 కలిగించే భ్రమ మరీ చిత్రమయినది. అందులో మనకు *AB* అనే దూరం *AC* దూరంకన్న తక్కువ అనిపిస్తుంది; కాని రెండూ సమానమే.



చిత్రం 134. ఇదేమిటి? మెట్లా, గూడా, మడతల కాగితమా?



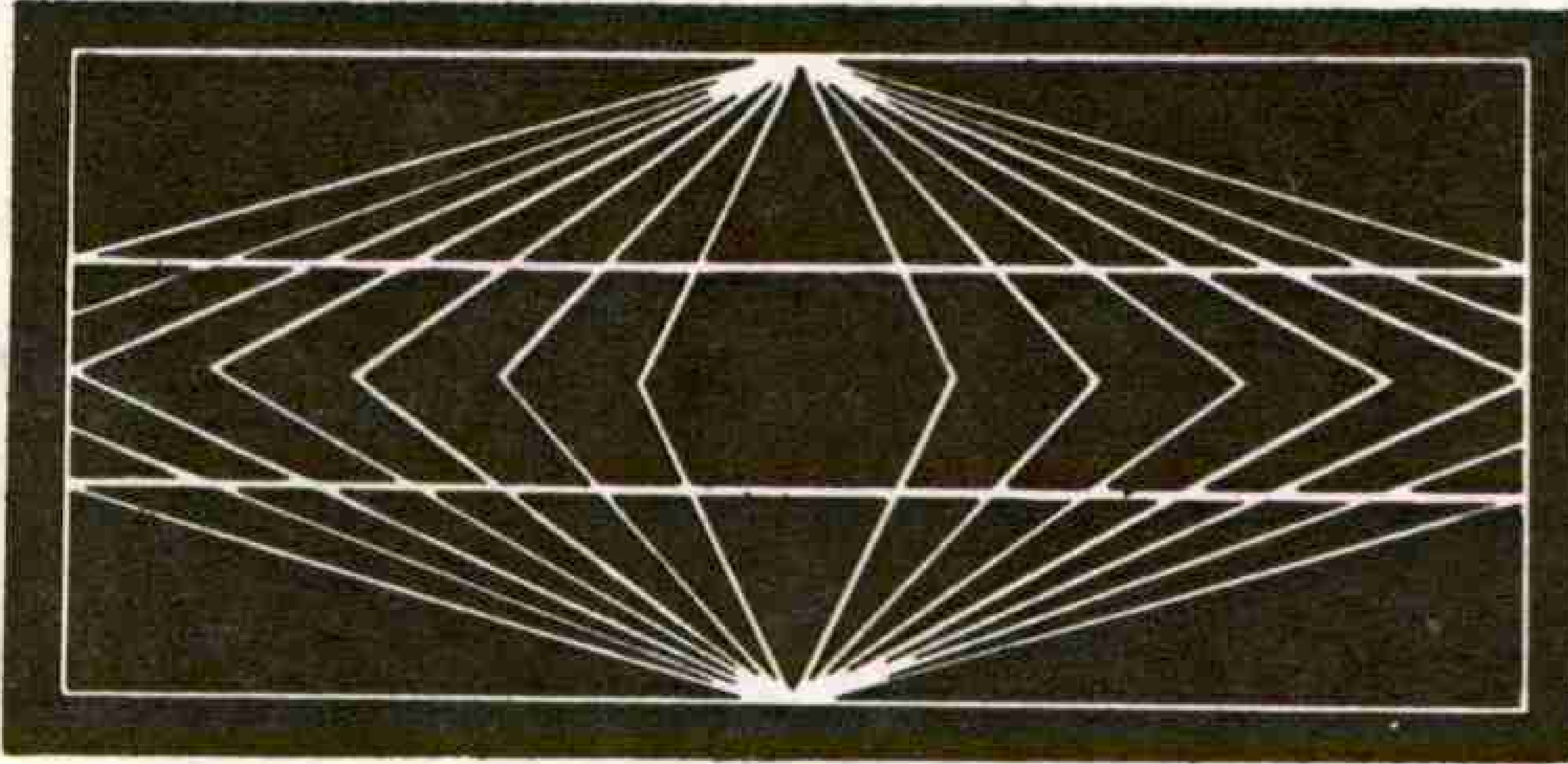
చిత్రం 135. దిమ్మలు ఎలా అమర్చి వున్నాయి? రెండు దిమ్మలు పక్క పక్కనే కనిపించేది పైనా? కిందా?




చిత్రం 136. ఏది ఎక్కువ దీర్ఘం? *AB* లేక *AC*?

# మరికొన్ని నేత్రభ్రమలు

కొన్ని దృగ్భ్రమలకు కారణాలు చెప్పలేము. మనం అవ్యక్తంగా ఎలాటి భావనలు చెయ్యటంచేత ఏఏ భ్రమలు కలుగుతాయో ఊహించలేము. చిత్రం 137 లో మనకు రెండు చాప రేఖలు స్పష్టంగా కనిపిస్తాయి; అవి ఒకదానికేసి ఒకటి వాటి కుంభాకారాన్ని పెట్టి ఉన్నాయి. కాని వాటికి స్కేలుపెట్టిగాని, బొమ్మను కంటి ఎత్తులో పట్టుకొని గీతలుకేసి నిలువుగా గాని, చూస్తే అవి సరళ రేఖలని బయటపడి ఆశ్చర్యం కలుగుతుంది. ఈ భ్రమకు కారణమేమిటి? చెప్పటం సులువుకాదు.



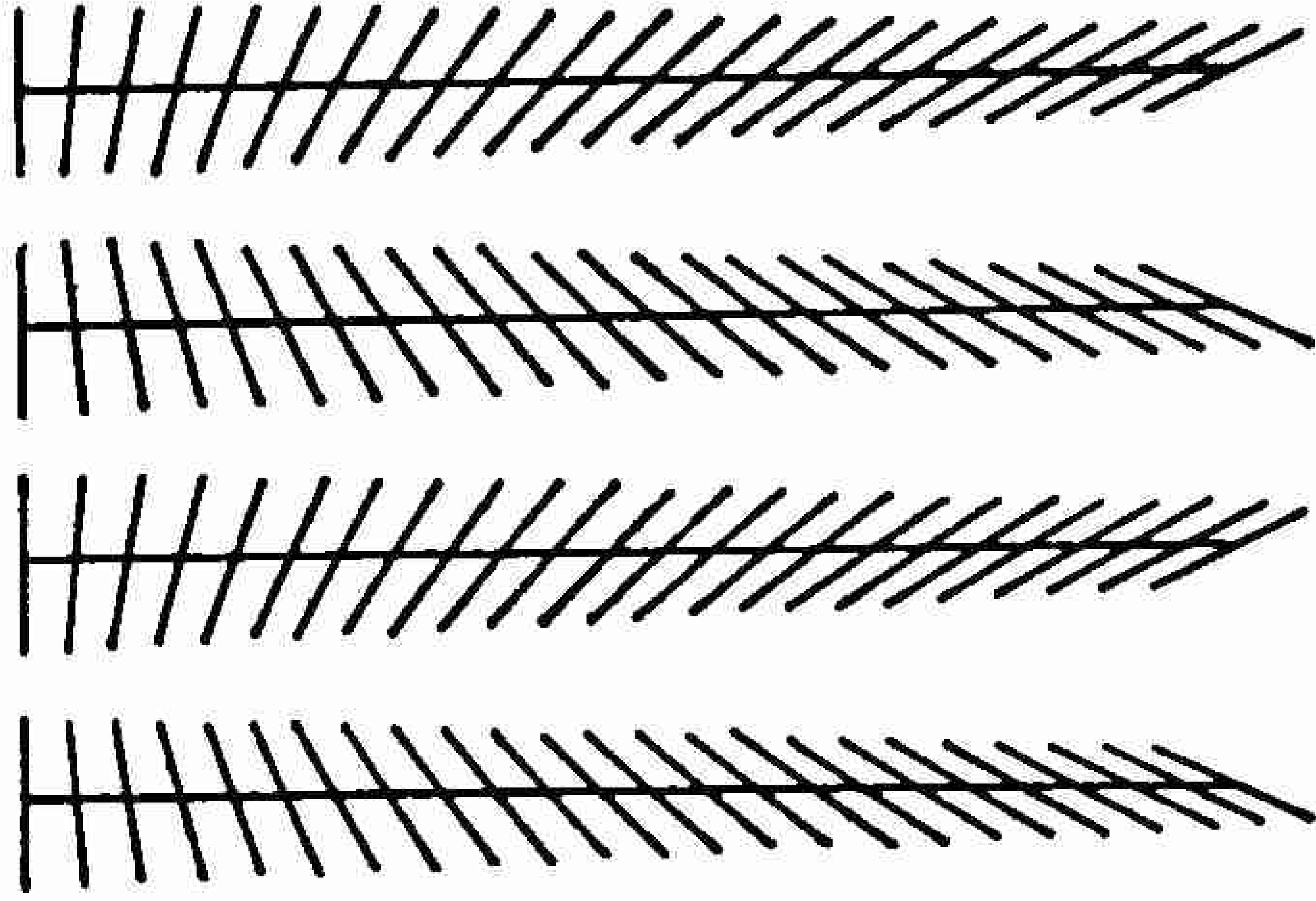
చిత్రం 137. మధ్యలో అడ్డంగా ఉన్నవి రెండు సమాంతర రేఖలు, కాని చూడడానికి వంకర గీతల లాగాను, నడిమధ్యలో వాటి మధ్య ఎడం తక్కువగా ఉన్నట్టూ కనబడతాయి. యీ భ్రమ తొలగాలంటే (1) బొమ్మను కంటికి సమంగా ఎత్తిపట్టుకుని రేఖలవెంబడే చూడండి లేదా (2) పెన్సిలు ముక్కు బొమ్మపైన ఎక్కడైనా ఉంచి అక్కడే దృష్టి కేంద్రీకరించండి.

ఇలాటివే మరికొన్ని భ్రమలు. చిత్రం 138 లో సూటిగీత అసమాన భాగాలుగా విభజింపబడినట్టు కనపడుతుంది. కొలిచి చూడండి. అన్నీ సమానమే. చిత్రాలు 139, 140 లలో ఉండే సమాంతర రేఖలు అసమాంతరంగా కనిపిస్తాయి. చిత్రం 141 లో వలయం ఓవల్‌గా కనబడుతుంది.

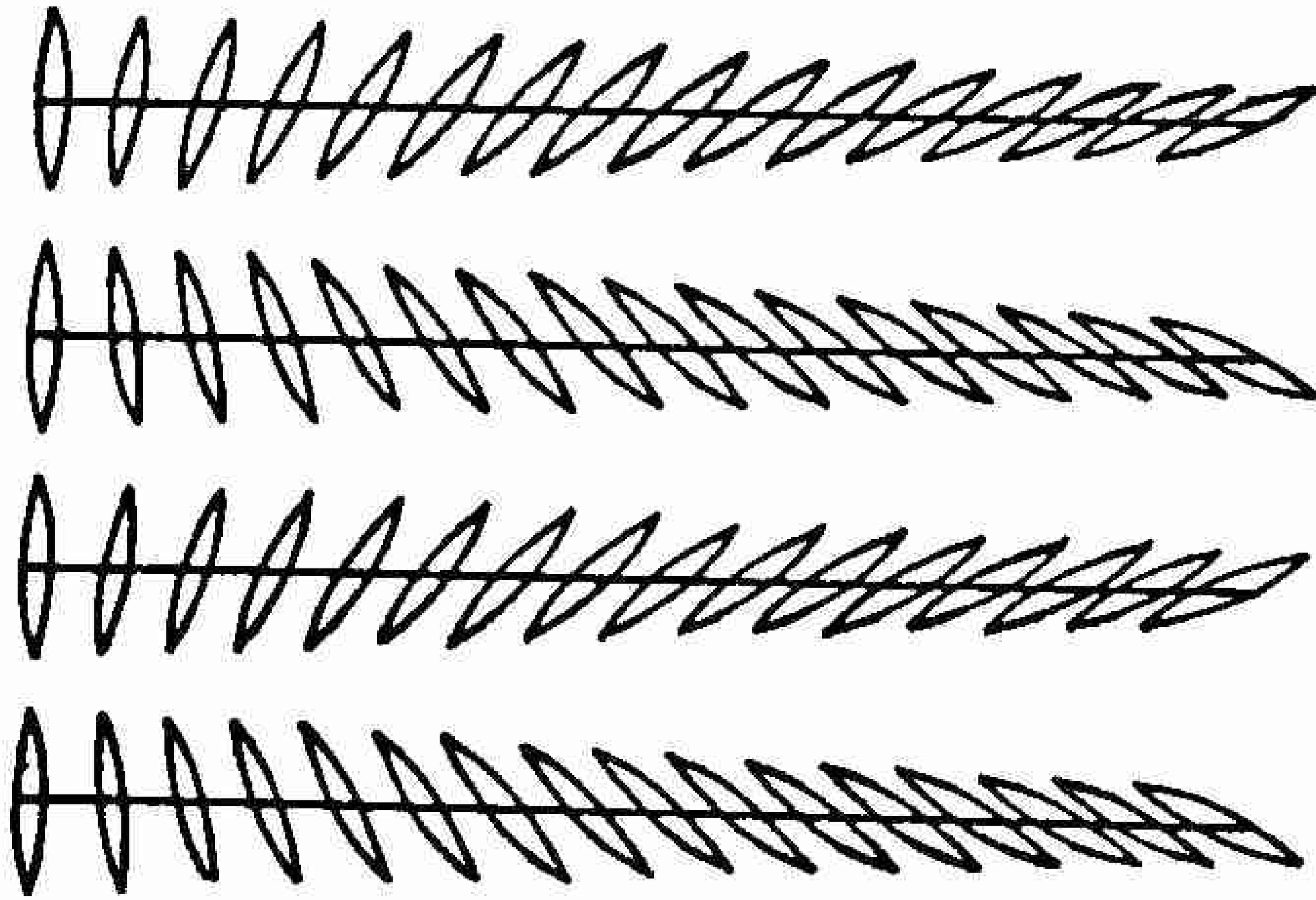


చిత్రం 138. యీ గీత ఆరు సమభాగాలుగా విభజన అయి ఉన్నదా?

చిత్రమేమంటే, చిత్రాలు 138, 139 140 లు కలిగించే భ్రమలు క్షణిక మైన స్పార్కు వెలుగులో ఉండవు. కంటియొక్క కదలిక మూలానే భ్రమ కలిగేటట్లు కనిపిస్తుంది. క్షణికమైన స్పార్కు వెలుగులో కన్ను కదిలే అవకాశం ఉండదు.



చిత్రం 139. యీ చిత్రంలోని సమాంతర రేఖలు సమాంతరంగా కనబడవు.



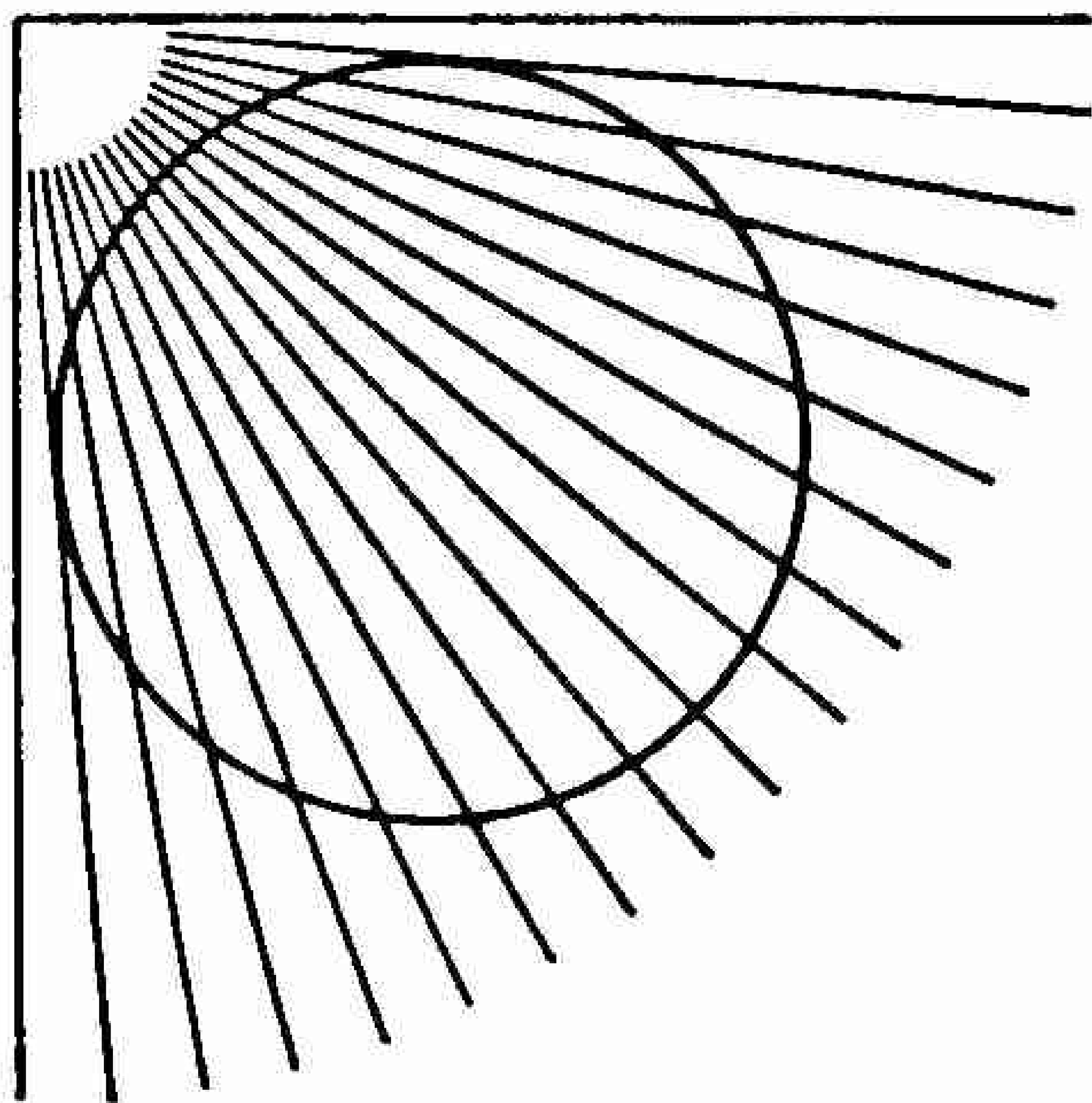
చిత్రం 140. ముందు చెప్పిన భ్రమ లాటిదే.

ఇంతకంటె తక్కువకాని మరొక తమాషా భ్రమ. చిత్రం 142 చూసి అందులో ఎడంపక్క ఉన్న గీతలు పెద్దవో, కుడిపక్క ఉన్న గీతలు పెద్దవో చెప్పండి. ఎడంపక్క ఉన్నవే పెద్దవిగా కనిపిస్తాయి, కాని నిజానికి రెండూ ఒకటే.* ఈ భ్రమను "పైపు భ్రమ" అంటారు.

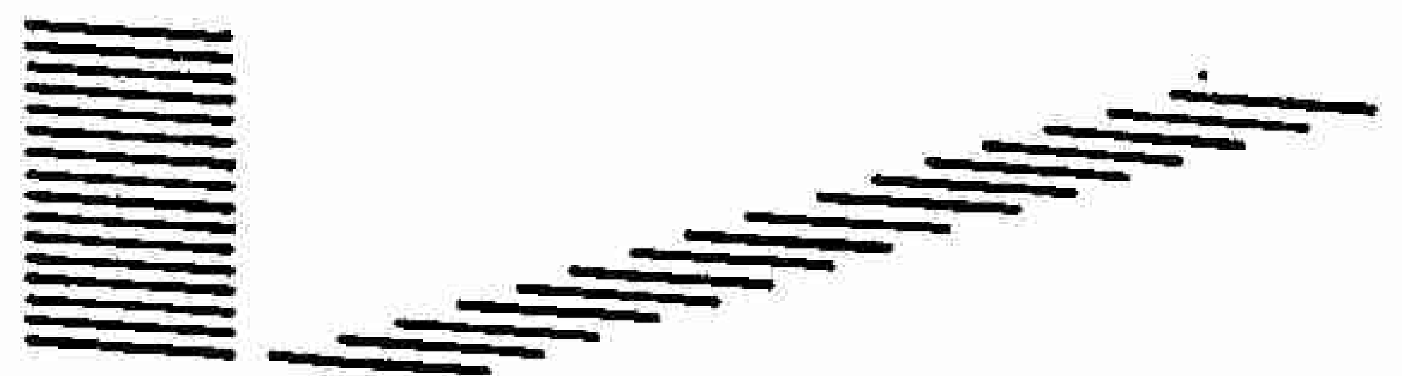
---

*ఒక రేఖాగణిత సూత్రం ప్రకారం "పైప్"యొక్క రెండు భాగాల విస్తీర్ణము సమంగానే ఉంటుంది; ఈ విషయాన్ని ఈ బొమ్మ నిరూపిస్తుంది.

ఈ విచిత్రమైన భ్రమలకు అనేక కారణాలు సూచించబడ్డాయి. కాని అవంత తృప్తికరంగా ఉండవు; నేను వాటిని వివరించను. ఒకటి మాత్రము నిజము. — భ్రమలు అవ్యక్త బుద్ధిని ఆశ్రయించి మనం చూడవలసినదాన్ని చూడకుండా చేస్తాయి.



చిత్రం 141. ఇది వృత్తమేనా?

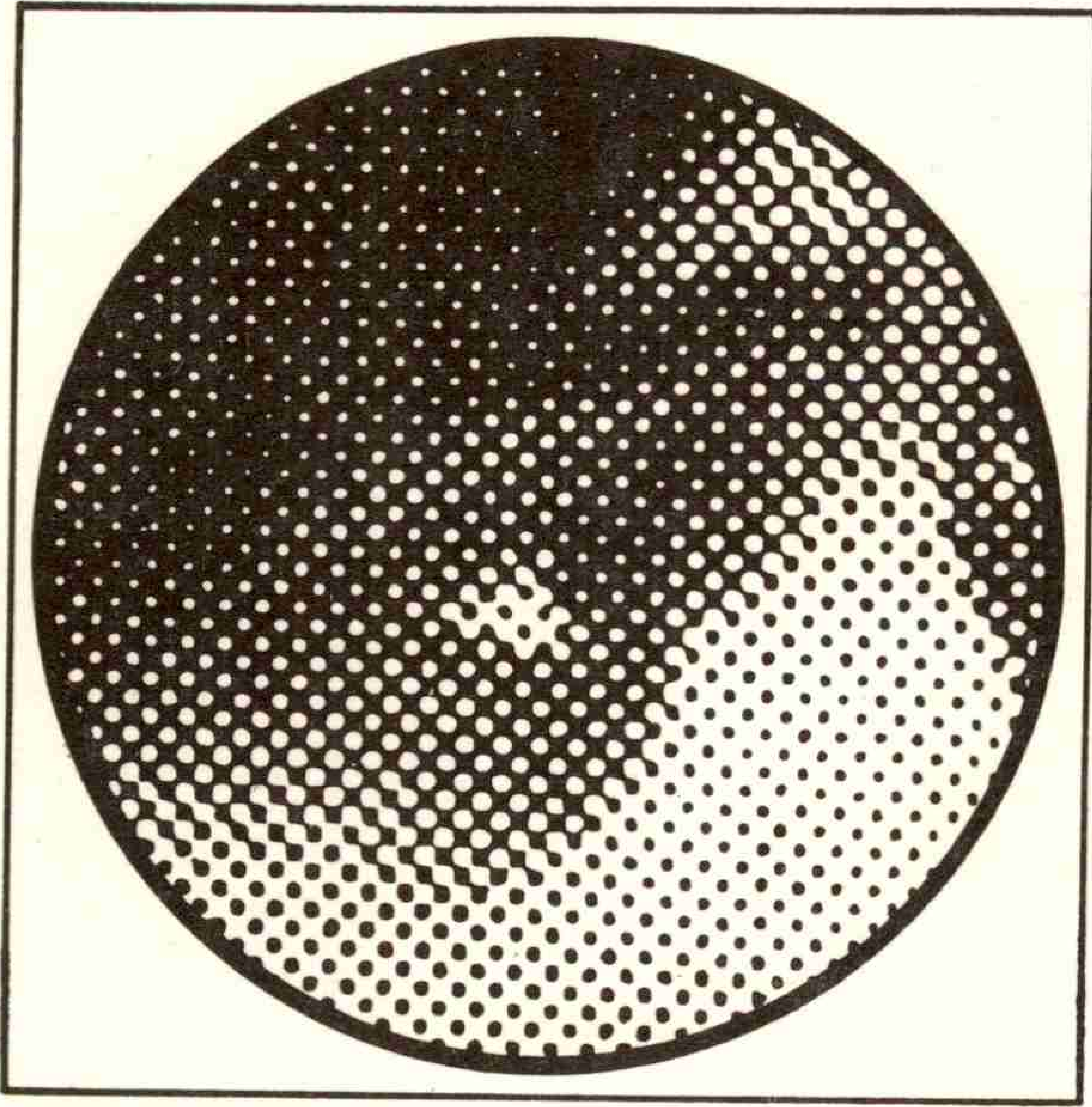


చిత్రం 142. "సైజ్" భ్రమ. ఎడమ పక్క గీతలకంటె కుడి పక్కవి చిన్నవనిపిస్తాయి, కాని వాస్తవంగా సమానమే.

# ఇది ఏమిటి?

చిత్రం 143 లో ఉన్నదేమిటో మీరు చప్పున తెలుసుకోగలరనుకోను. ఏదో నల్లని జల్లెడ అనేయవచ్చు. పుస్తకాన్ని బల్లమీద నిలబెట్టి, రెండు మూడు అడుగులు ఎడంగా వెళ్లి చూడండి. మీకు మనిషి కన్ను కనిపిస్తుంది. మళ్లా దగ్గరికి వెళ్లిచూడండి నల్లని జల్లెడ తప్ప మరేమీ కనిపించదు.

ఎవడో నిపుణుడైన శిల్పియొక్క ట్రిక్కు అందులో ఉన్నదని మీకు తోచవచ్చు. అదేమీలేదు; మనం హాఫ్ టోన్ బొమ్మలను చూచినప్పుడల్లా కలిగే సాధారణ భ్రమే మోటుగా చూపబడింది. పత్రికలలో పుస్తకాలలోను ముద్రించిన ఫోటోలను చూస్తే మనకా బొమ్మలు నిండుగా ఉన్నట్టు అనిపిస్తుంది. కాని భూతద్దంతో పరిశీలిస్తే వాటిలో చిత్రం 143 లో చూపబడిన చుక్కలలాటి చుక్కలే కనిపిస్తాయి. మిమ్మల్ని విస్తుపరచిన పైబొమ్మ అలాటి హాఫ్ టోన్ బొమ్మలోని ఒక భాగమే — పదింతలు పెద్దది చేసి చూపబడింది. చుక్కలు చిన్నవిగా ఉన్నప్పుడు చదివే దూరంలో అవి విడివిడిగా కనపడవు బొమ్మ నిండుగా



చిత్రం 143. దూరంనుంచి చూస్తే కుడిపక్కకు తిరిగి చూస్తున్న స్త్రీ కన్నూ, ముక్కులో కొంత భాగం కనబడుతుంది.

ఉంటుంది. కాని చుక్కలు పెద్దవైనప్పుడు వాటిని కలిపి చూడాలంటే పుస్తకాన్ని చాలా ఎక్కువ దూరంలో పెట్టి చూడాలి. నేను దృక్కోణం గురించి చెప్పినదంతా జ్ఞాపకం తెచ్చుకుంటే దీనికి కారణం తెలిసిపోతుంది.

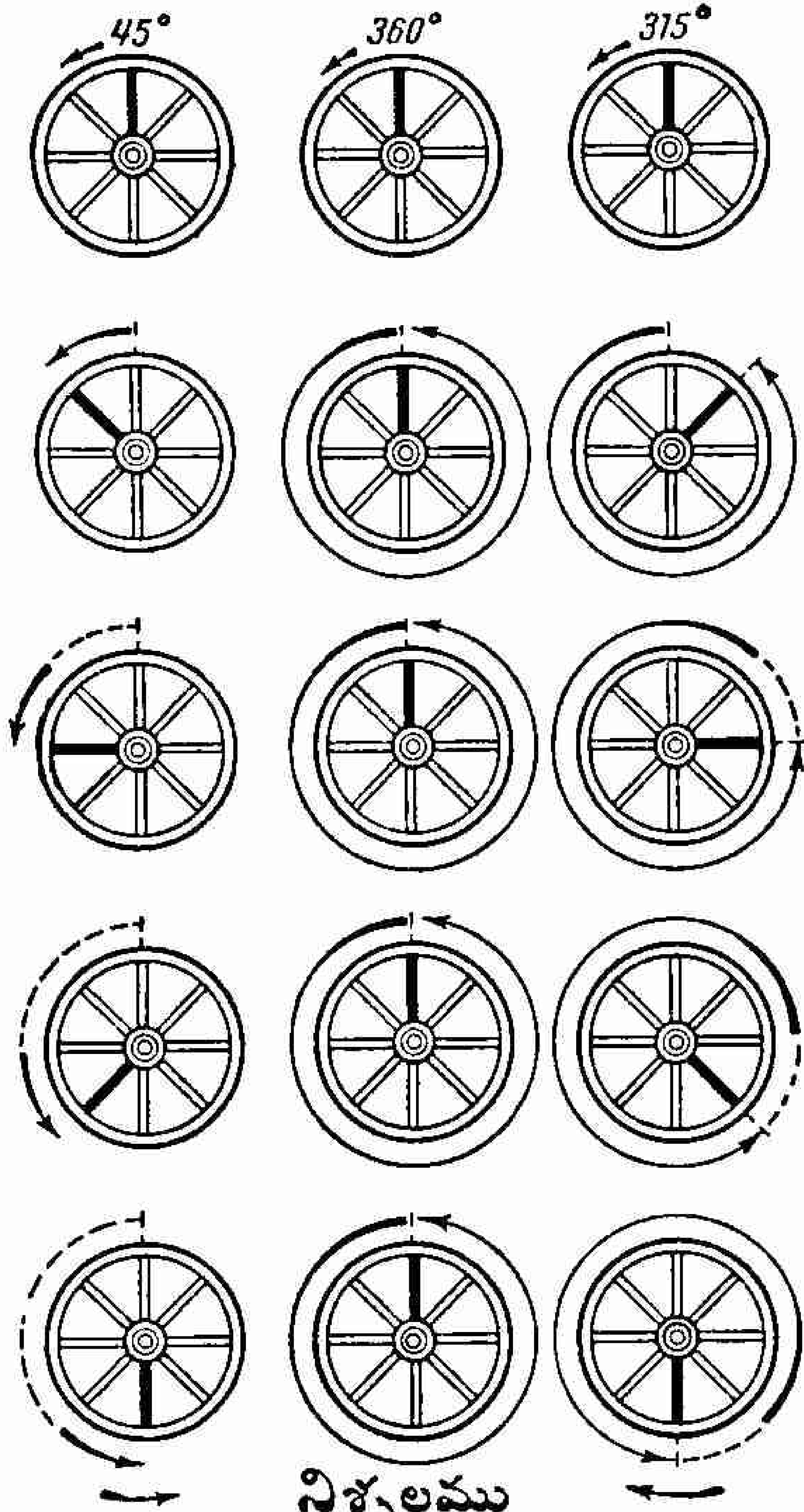
## అసాధారణ చక్రాలు

తడకలోని కన్నాల ద్వారా గాని అంతకంటె సినీమాలో తెరమీద గాని వేగంగా వెళ్లే బళ్ల చక్రాల ఆకులు ఎప్పుడైనా గమనించారా? అలా అయితే మీరొక వింత విషయం కనిపెట్టి ఉండవచ్చు: బండి వేగంగా పోతూ ఉంటుందికాని దాని చక్రాలు తిరుగుతున్నట్టు కనిపించవు. ఒక్కొక్కసారి అవి వెనక్కు కూడా తిరుగుతూ కనిపించడం కద్దు.

ఈ కంటి భ్రమ చాలా అసాధారణమైనది కావడంచేత మొట్టమొదటి సారిగా ఈ భ్రమ అనుభవమైన వారికిది అగమ్యగోచరంగా ఉంటుంది.

దొర్లే చక్రాన్ని తడకలోని కన్నాల ద్వారా చూసినప్పుడు (మీ చూపుకు తడకమీదుగా కదుపుతూ) చక్రపు ఆకులను మీరు అవిచ్ఛిన్నంగా కాక ఆగి ఆగి సమమైన కాలాంతరాలలో చూస్తారు. ఎంచేతంటే తడకలోని బద్దలు ప్రతిక్షణము అడ్డు వస్తాయి. సమంగా ఆ విధంగానే సినీఫిల్ముమీద చక్రపు బొమ్మలు వేర్వేరు క్షణాల్లో పడతాయి. (సెకండుకు 24 ఫోటోలు.) ఇక్కడ మూడు సందర్భాలు ఏర్పడడానికి అవకాశం ఉంది. మనం వాటిని ఒక దాని తర్వాత ఒకటి చర్చిద్దాం.

**వాస్తవమైన చక్రభ్రమణపు మార్గాలు**




**కంటికి గోచరించే చక్రభ్రమణపు మార్గాలు**

చిత్రం 144. తెరమీద కనిపించే చక్ర భ్రమణంలోని కిటుకు.

ఒకటి, చక్రాన్ని మనం వరుసగా రెండు సార్లు చూసే మధ్యకాలంలో — అంటే అది మనకు కనబడని కాలాంతరంలో పూర్ణాంకపు భ్రమణాలు చేస్తుంది. అంటే పూర్తి చుట్టులు చుడుతుంది. 2 సార్లు అవచ్చు 20 సార్లవచ్చు ఎన్నైనా మనకొకటే — కాని పూర్ణాంకం అవాలి. అప్పుడు మనకు తిరిగి చక్రం కనిపించేసరికి దాని ఆకులు పూర్వం ఉండిన స్థితిలోనే ఉంటాయి. తరువాతి కాలాంతరంలో కూడా చక్రం పూర్ణాంకపు భ్రమణాలే చేస్తుంది (కాలాంతర ప్రమాణం, బండి వేగం మారవు). ఆవిధంగా దాని ఆకులు యథాస్థానంలోనే ఉంటాయి. ఈవిధంగా మనం చక్రాన్ని చూచినప్పుడల్లా దాని ఆకులు ఒకే స్థితిలో ఉండడంచేత చక్రంలో కదలిక ఏమీ ఉన్నట్టు మనకు తోచదు. (చిత్రం 144 లో మధ్య ఉన్న నిలువు వరుస.)

రెండవ సందర్భంలో చక్రం ప్రతి కాలాంతరంలో కొన్ని పూర్తి చుట్టులు (పూర్ణాంకపు భ్రమణాలు) తిరిగి ఇంకా భ్రమణంలో చిన్నభాగం తిరుగుతుంది. అందుచేత మనం

మొదటి సారి చూచినప్పుడుకన్నా రెండోసారి ఆకులు కాస్త ముందుకు (ప్రతీ సారీ భ్రమణంలో కొద్దిభాగం) తిరిగి కనిపిస్తాయి. ఈ సందర్భంలో మనం పూర్తిచుట్టుల సంగతే ఆలోచించము. ఇందువల్ల చక్రం కొద్దిగా ముందుకు తిరిగిందనిపిస్తుంది. బండి ఎంత వేగంగా పోయినప్పటికీ చక్రాలు చాలా నింపాదిగా ముందుకు తిరుగుతున్నట్టుంటాయి.

మూడవ సందర్భంలో చక్రం, కనిపించని కాలాంతరంలో పూర్తి భ్రమణానికి కొద్దిగా తక్కువైన అసంపూర్ణ భ్రమణం చేస్తుంది. (మాటవరుసకు చిత్రం 144 లో మూడో విలువు వరుసలాగ $315^{\circ}$ మాత్రమే పూర్తి చేస్తుందనుకుందాం.) ఈ సందర్భంలో చక్రంయొక్క ఆకులలో ఒకటి వెనక్కు తిరుగుతున్నట్టుగా మనకు కనిపిస్తుంది. చక్రవేగంలో మార్పు జరిగేదాకా ఈ భ్రమ మార్పు చెందదు.

పై వివరణకు చిన్న విషయం చేర్చాలి. మొదటి సందర్భంలో మనం సౌలభ్యంకోసం చక్రం కొన్ని పూర్తిచుట్లు తిరిగిందనుకున్నాం. కాని ఆకులన్నీ ఒకేవిధంగా ఉంటాయికనుక ఆకుకూ, ఆకుకూ మధ్య ఉండే వృత్తభాగం పూర్ణాంకం సార్లు తిరుగుతే చాలు. మిగిలిన రెండు సందర్భాలకు కూడా ఇదే వర్తిస్తుంది.

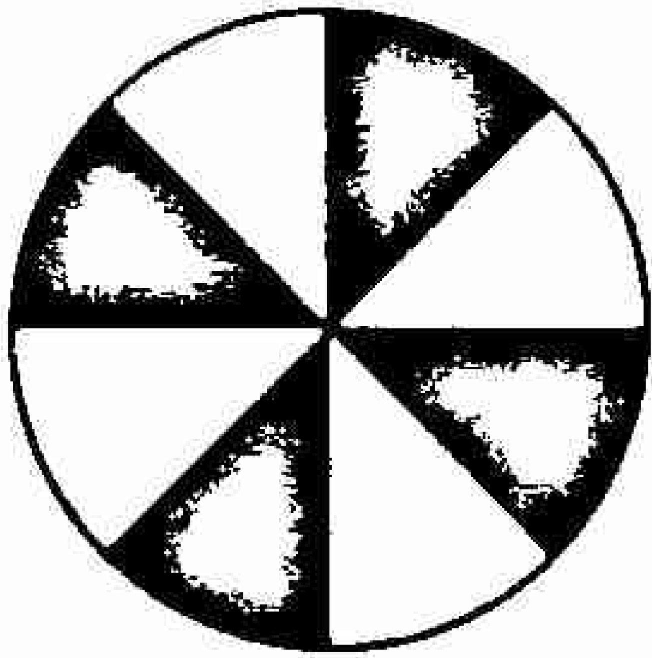
ఇంతేగాక మరికొన్ని గమనించదగిన అంశాలు కూడా ఉన్నాయి. చక్రం అంచులో ఎక్కడయినా ఒక గుర్తున్నట్టయితే చక్రం అంచు ఒకవైపుకు తిరుగుతుంటే ఆకులు వెనక్కు తిరుగుతున్నట్టు కనపడే అవకాశం ఉన్నది! ఒక ఆకుకు గుర్తుంటే ఆకులు ఒక వైపుకూ, గుర్తు మరొక వైపుకూ తిరుగుతూ, గుర్తు ఒక ఆకునుంచి మరొక ఆకుకు మారుతున్నట్టు కనబడవచ్చు.

మనం సినీమా హాలులో తెరమీద ఏవో మామూలు సంగతులు చూస్తున్నప్పుడే భ్రమ వలన భావనా సహజత్వానికి లోపం కలగదు. కాని అదే వైజ్ఞానిక చిత్రమై ఉండి, ఏదయినా యంత్రభాగం పనిచేసే పద్ధతిని వివరించే దయినప్పుడు ఇలాటిభ్రమ పెద్ద అవాంతరంగా ఉండి యంత్రం చేసే పనిగురించి మనకు సరిగా బోధ పడకపోవచ్చు. తప్పు అభిప్రాయాలు కూడా కలుగవచ్చు.

శ్రద్ధాసక్తులుగల ప్రేక్షకుడు తెరమీద పరిగెత్తే బండియొక్క మాయ — కదలని చక్రాన్ని చూస్తూ చక్రం ఆకులను లెక్కించి చక్రం సెకండుకు ఎన్నిసార్లు చుట్టుచున్నదీ తెలుసుకోవచ్చు. సినీమా చిత్రాలు మామూలుగా సెకండుకు 24 ఫ్రేములు చొప్పున వదుస్తాయి. 12 ఆకులుగల చక్రం (తెరమీద కదలకుండా ఉన్నట్టు కనిపిస్తే) అయితే అది ఒక సెకండు కాలంలో చుట్టే చుట్ల సంఖ్య $24:12=2$. అంటే అది అర సెకండుకు ఒక చుట్టు తిరుగుతుంది. ఇది కనిష్ఠ సంఖ్య: చక్రం దీనికి రెండింతలు, మూడింతలు, ఎన్నింతలు వేగంతోనైనా తిరుగవచ్చు చక్రం వ్యాసంయొక్క సైజు తెలుస్తే కారు పరిగిత్తే

వేగాన్ని కూడా అంచనా కట్టవచ్చు. చక్రంయొక్క వ్యాసం 80 సెం.మీ. అయితే బండివేగం గంటకు 18 కి.మీ. – లేక 36, 54 వగైరా కిలోమీటర్లు ఉంటుంది.

అతి వేగంగా తిరిగే షాఫ్ట్లు భ్రమణాలను లెక్కించడానికి ఇంజనీర్లు పైన వివరించ బడిన దృగ్భ్రమనే ఆధారంగా తీసుకుంటారు. ఈ పద్ధతి దేనిమీద ఆధారపడిందో విశదీ కరిస్తాను. ఎ. సి. కరంటుతో వెలిగే దీపాల కాంతి శక్తి స్థిరవిలువకాదు. సెకండులో ప్రతీ శతాంశపు కాలానికి కాంతి తగ్గి మళ్ళా ఎక్కుతుంది. కాని మామూలు సంద ర్భాలలో మనం ఏ మిణుకునూ గమనించం. చిత్రం 145 లో చూపిన తిరుగుడు బిళ్లమీద అలాటి దీపం ప్రకాశిస్తున్నదనుకోండి. బిళ్ల ఒక సెకండులో నూరోవంతు కాలంలో పూర్తి చుట్టులో నాల్గో వంతే తిరిగిందనుకోండి. అప్పుడు ఆశించని విషయం ఒకటి జరుగుతుంది. బిళ్లంతా బూడిద రంగులో కనిపించడానికి బదులు దానిమీద తెలుపు నలుపు విభాగాలు స్పష్టంగా కనిపిస్తాయి; బిళ్ల కదలనట్టే ఉంటుంది.



చిత్రం 145. యంత్రం పరిభ్రమించే వేగం తెలుసుకో డానికి ఉపయోగించే డిస్కు.

బండి చక్రం భ్రమను అర్థంచేసుకున్నవారికి ఇలా ఎందుకు జరుగుతుందో, దీని సహాయంతో షాఫ్టు తిరిగే చుట్లను ఎలా కొలవచ్చో కూడా అర్థమవుతుంది.

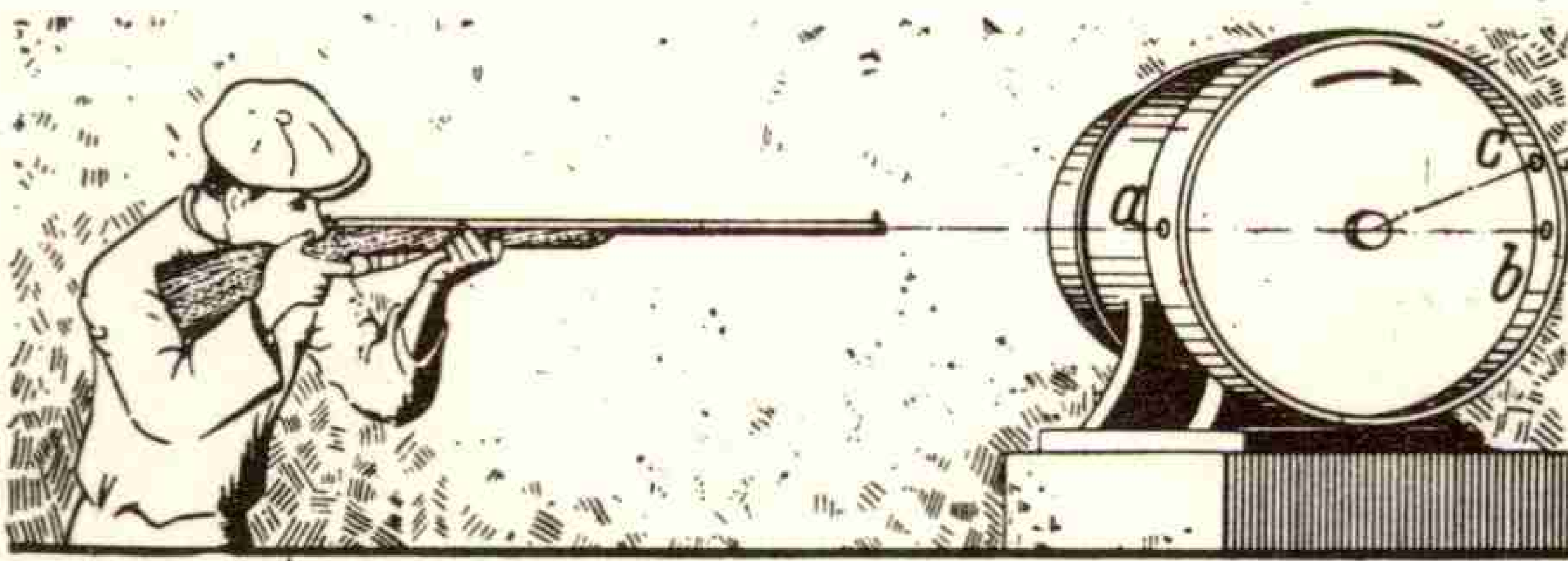
## సాంకేతిక రంగంలో

## "స్లోమోషన్ మైక్రోస్కోపు"

"నిత్యజీవితంలో భౌతికశాస్త్రం" మొదటి భాగంలో స్లోమోషన్ కెమేరా గురించి చెప్పాను. ఇంతకుముందు వివరించిన విషయాల ఆధారంతో అదే ఎఫెక్టును సాధించడానికి మార్గం ఉన్నది.

చిత్రం 145 లో చూపిన బిళ్లలాటిది సెకండుకు 100 సార్లు వెలిగే ఆరే కాంతిలో సెకండుకు 25 చుట్లు తిరిగినట్టయితే నిశ్చలంగా ఉన్నట్టు మనకు కనిపిస్తుందని మీకు తెలుసు. ఇప్పుడు దీపాన్ని సెకండుకు 100 సార్లుగాక 101 సార్లు ఆరివెలిగేటట్టు చేశామనుకోండి. అప్పుడు బిళ్ల, దీపం ఆరి మళ్లీ వెలిగేలోగా వలయంలో నాలుగో వంతు పూర్తి చెయ్యలేదు. అంటే క్రమప్రకారం రావలసిన సెక్టరు దాని స్థానంలోకి రాదు.

ఆ సెక్టరు వలయంలో నూరో వంతు వెనక పడినట్టు కంటికి కనిపిస్తుంది. రెండోసారి దీపం ఆరి వెలిగే సరికి వలయంలో ఇంకో నూరో వంతు వెనకపడుతుంది. యీ విధంగా బిళ్ల వె న క్కు తిరుగుతూ ఒక సెకండు కాలంలో ఒక చుట్టు తిరుగుతున్నట్టు కనిపిస్తుంది. అంటే దాని వాస్తవ భ్రమణ వేగం 25 వ వంతుకు తగ్గించబడుతుంది.




చిత్రం 146. తూటా వేగాన్ని తెలుసుకునే పద్ధతి.

ఈ బిళ్లను తక్కువ వేగంతో వెనక్కు తిప్పడానికి మారుగా ముందుకే తిరుగుతున్నట్టు కూడా చూపవచ్చును. అదెలాగో ఊహించడం కష్టంకాదు. అందుకుగాను దీపపు మిణుగురులను ఎక్కువ చేయక త గ్గి ం చా లి. ఉదాహరణకు సెకండుకు 99 సార్లు ఆర్పి వెలిగించాలి. అప్పుడు బిళ్ల సెకండుకు ఒక్క చుట్టు చొప్పున ముందుకు తిరుగుతూనట్టు కనిపిస్తుంది.

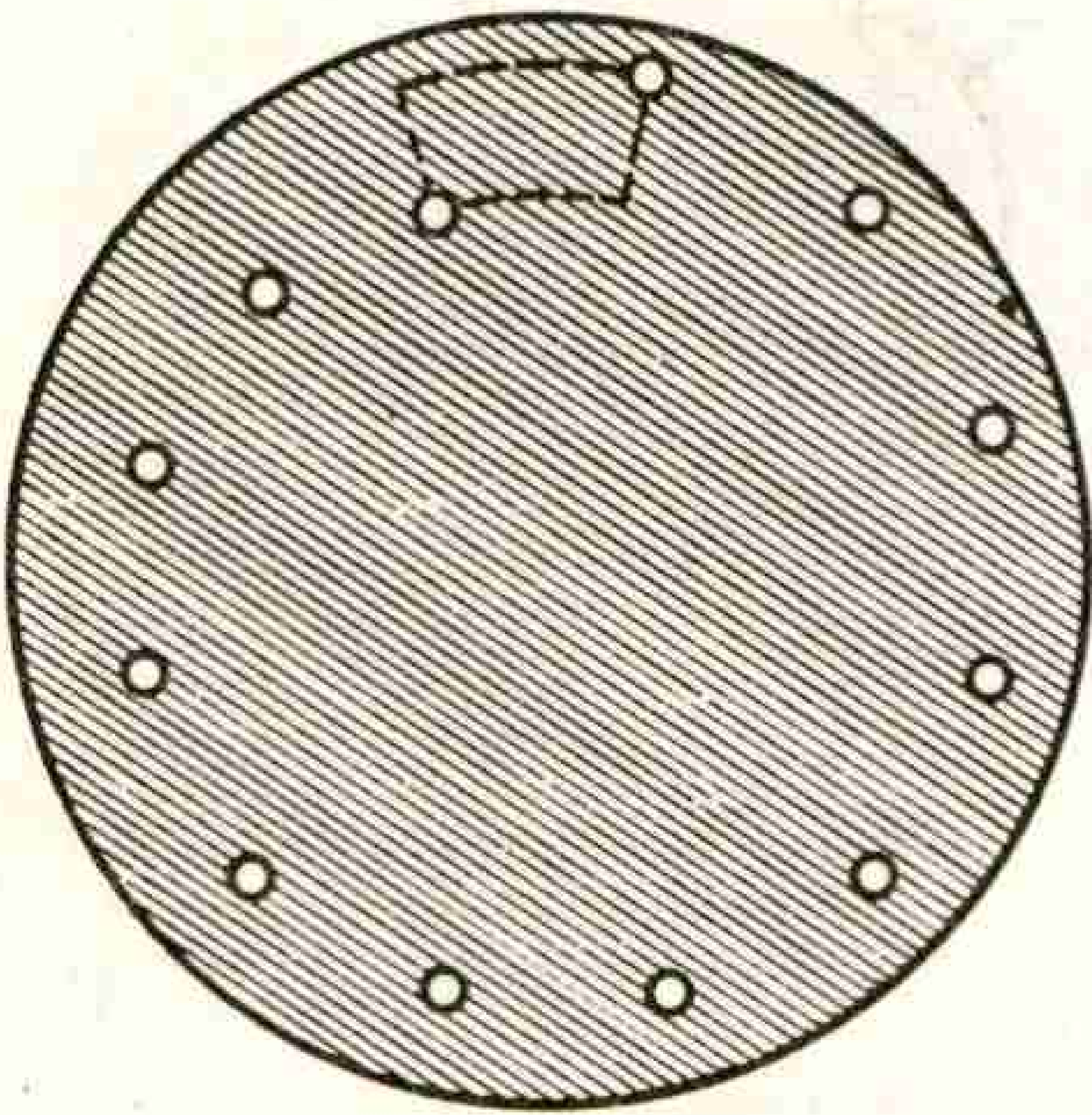
దీన్నే "స్లోమోషన్ మైక్రోస్కోపు" అంటారు. ఇది వేగాన్ని ఇరవై అయిదో వంతు చేస్తుంది. కావాలంటే వేగాన్ని ఇంకా తగ్గించవచ్చు. 10 సెకండ్ల కాలంలో దీపం 999 సార్లు ఆరి వెలిగితే (అంటే సెకండుకు 99.9 సార్లు) మన బిళ్ల పది సెకండ్లకొక చుట్టు తిరుగుతున్నట్టు కనిపిస్తుంది. దాని వేగం 250 వంతుకు తగ్గిపోతుంది.

వేగంగానూ, ఆవర్తితం **(periodic)** గానూ జరిగే ప్రతి చలనపు వేగాన్ని పై పద్ధతి సహాయంతో మన కంటికి కావలసిన ప్రమాణానికి తగ్గించవచ్చును. అతి వేగవంతమైన యాంత్రిక చలనాన్ని 100, 1000 రెట్లు తగ్గించి పరిశీలించడానికిది సులువైన పద్ధతి.*

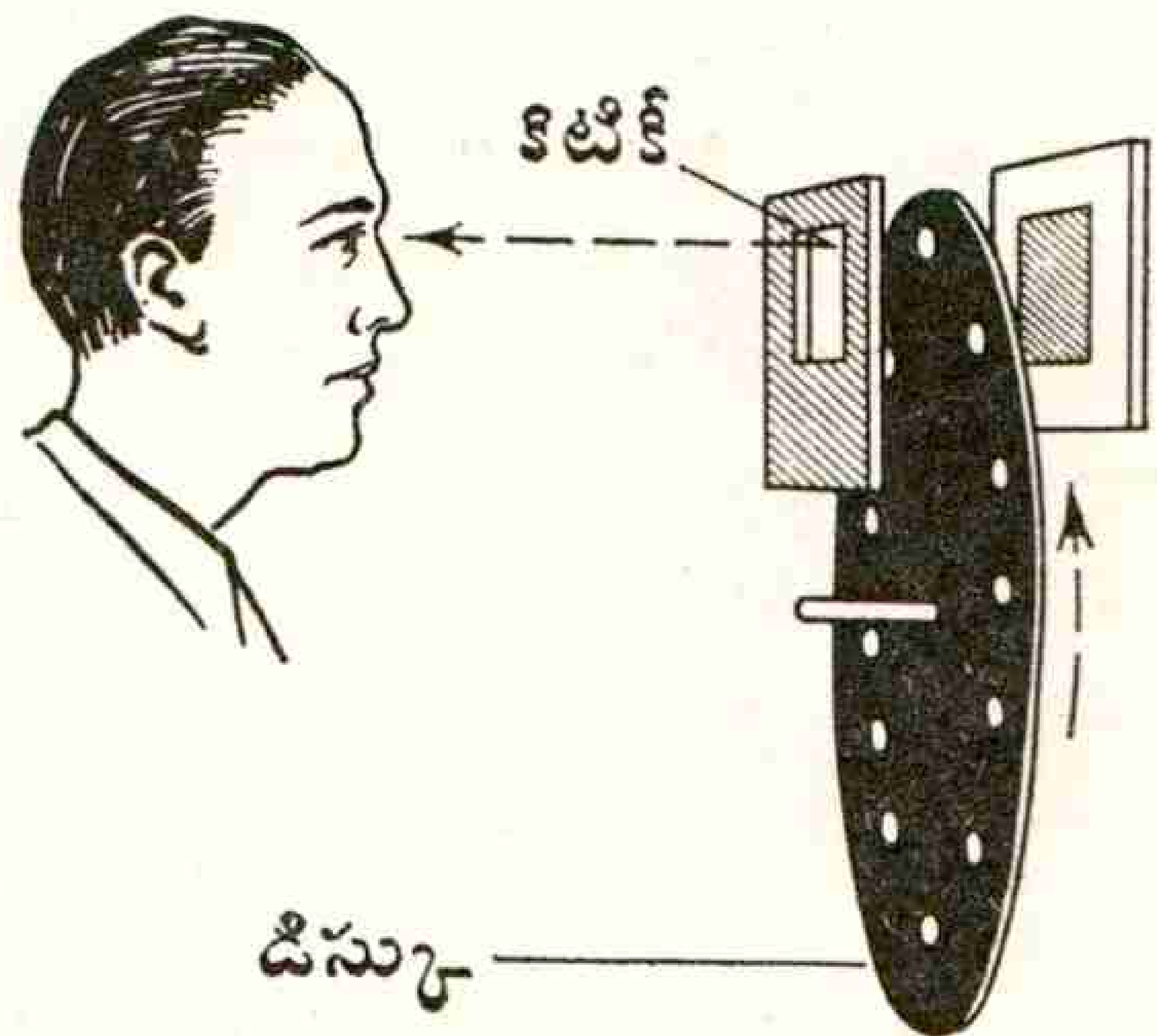
---

* పైన వివరించబడిన సూత్రంమీద ఆధారపడి నిర్మించబడిన స్ట్రోబోస్కోప్ కొలతలు ఎంతో నిర్దుష్టంగా ఉంటాయి, ఎలక్ట్రానిక్ స్ట్రోబోస్కోప్‌లో తభావతు 0.001 శాతం మించదు. — సం.

ముగించే ముందు, పయనించే బులెట్ (తూటా) వేగాన్ని కొలవడానికి అనుసరించే పద్ధతి చెబుతాను. గుండ్రడంగా తిరిగే బిళ్ల ఎన్ని చుట్లు తిరుగుతుందో కొలవడం సాధ్యమన్న దానిపై యీ పద్ధతి ఆధారపడుతుంది. ఒక గుండ్రని అట్టను, అట్టతో చేసిన డ్రమ్మును ఒక షాఫ్టుకు అమర్చి అతి వేగంగా తిప్పుతారు. గుండ్రని అట్టమీద నలుపు తెలుపు సెక్టరులుండాలి (చిత్రం 146). డ్రమ్ము వ్యాసం వెంబడి తుపాకిని పేల్చి తూటా రెండు చోట్లనుంచి దూసుకు పోయేటట్టు చేస్తారు. డ్రమ్ము కదలకుండా ఉన్న పక్షంలో తూటా చేసే తూట్లు ఒకే వ్యాసం రెండుచివరలా ఏర్పడుతాయి. కాని డ్రమ్ము తిరుగుతూ ఉండ



చిత్రం 147.



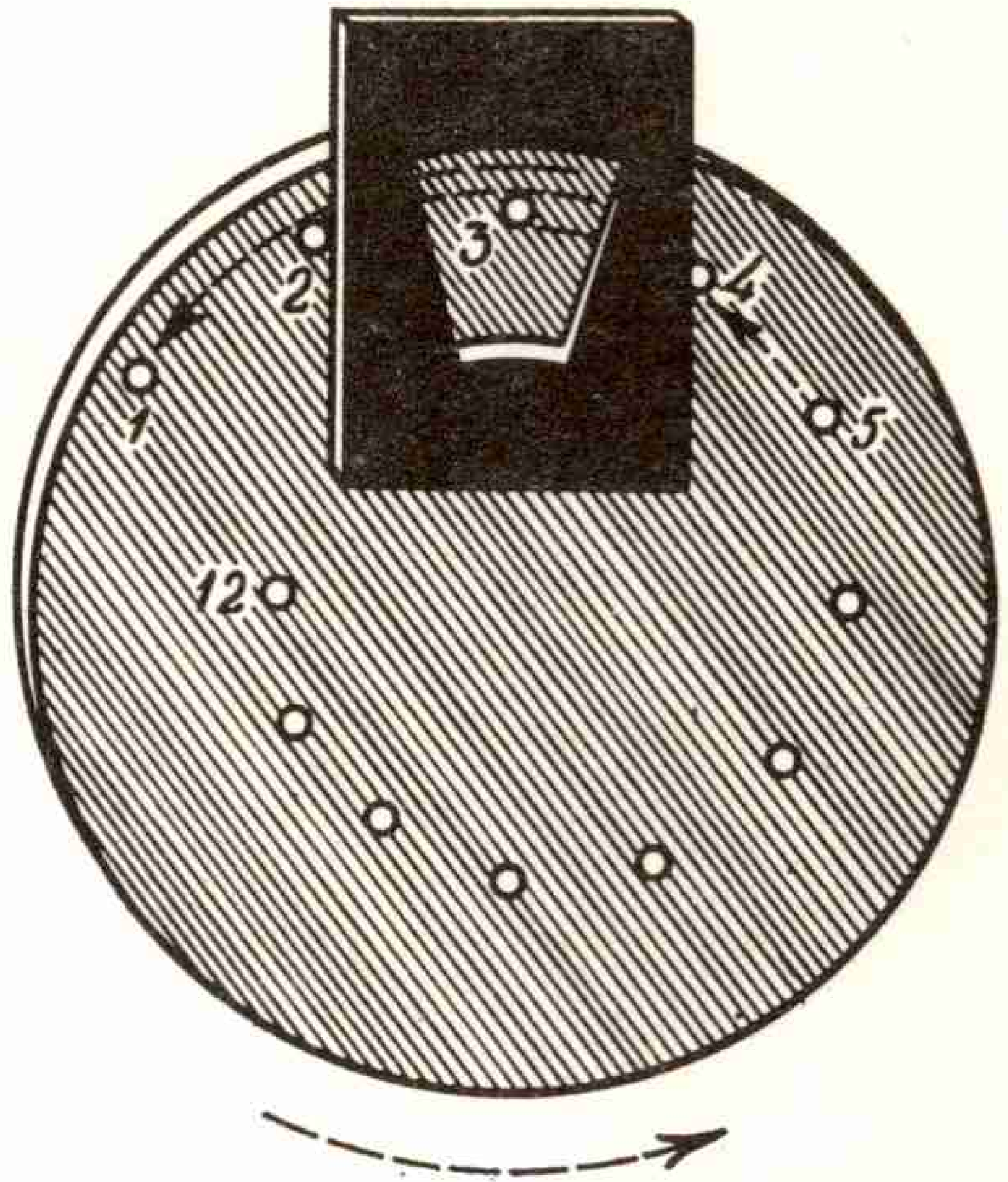

చిత్రం 148.

డంచేత తూటా డ్రమ్ము ఒక పక్కనుంచి రెండో పక్కకు వచ్చేలోపల దాని దారికి *b* అడ్డుండడానికి బదులు *c* అడ్డొస్తుంది. డ్రమ్ము వ్యాసమూ, అది ఎంత వేగంతో తిరుగుతున్నదీ తెలుసుకున్న మీదట తూటా వేగాన్ని *bc* చాపాన్ని బట్టి గణిత జ్ఞానం గలవారెవరైనా తేలికగా గుణించవచ్చు.

## నిప్కోవ్ డిస్కు

తొలి టెలివిజన్ సెట్టులలో ఉపయోగించిన నిప్కోవ్ డిస్కు అనేది దృగ్భ్రమకు చక్కని సాంకేతిక ఉపయోగం. చిత్రం 147 లో చూపిన బిళ్ల (డిస్కు) ఒక డజను రంధ్రాలు, 2 మిల్లీమీటర్ల ప్రమాణం కలవి వున్నాయి. ఇవి ఒకదానికొకటి సమమైన దూరంలో వుండి సర్పిలాకారంలో అమర్చబడి వున్నాయి. ఒక రంధ్రం కంటె మరొకటి కేంద్రానికి 2 మిల్లీమీటర్లు దగ్గిరగా ఉంటుంది. ఇందులో గొప్ప విశేష మేమున్నదని మీకు అనిపించ

వచ్చు. కాని దాన్ని ఇక ఇరుసుమీద ఎక్కించి, దానికి ముందు ఒక చిన్న "కిటికీ" ఏర్పాటు చేసి దాని వెనకగా అదే ప్రమాణంగల బొమ్మను ఏర్పాటు చేసి డిస్కును వేగంగా తిప్పండి (చిత్రం 148). అనుకోని విషయం ఒకటి జరుగుతుంది. మొదట కదలని డిస్కు చాటున వున్న బొమ్మ కిటికీలోంచి ఇప్పుడు పూర్తిగా కనిపిస్తుంది. డిస్కు తిరిగే వేగం తగ్గినప్పుడు అస్పష్టంగా అయిపోయి డిస్కు ఆగగానే అదృశ్యం తయిపోతుంది. ఇప్పుడు మనకు బొమ్మలో కనిపించేది 2 మిల్లిమీటర్ల కంతలోనుంచి చూడగలిగినంత మాత్రమే.




చిత్రం 149.

యీ విచిత్రమైన డిస్కులోగల మర్మమేమిటి? డిస్కును నింపాదిగా తిప్పి ఒక్కొక్క రంధ్రం "కిటికీ" అడ్డంగా వెళ్లేటప్పుడు ఏంజరుగుతుందో చూద్దాం. డిస్కుయొక్క కేంద్రానికి అన్నిటికన్న హెచ్చుదూరంలో ఉండే రంధ్రం కిటికీ అడ్డంగా దాని పై అంచుకు దగ్గరగా నడుస్తుంది. తగినంత వేగం ఉంటే, డిస్కు వెనక ఉండే బొమ్మలోని కిటికీ పై అంచుకు దగ్గరగా ఉండే సన్నని పీలికలాటి భాగమంతా కనబడుతుంది. పై రంధ్రానికి కొంచెం దిగువగా ఉండే తరవాతి రంధ్రం కిటికీ వెనకగా వేగంగా పోయినప్పుడు బొమ్మలో పై పీలికలాటి భాగానికి అంటుకొని దిగువగా ఉండే సన్నని భాగం కనిపిస్తుంది (చిత్రం 149). ఇలాగే మిగతా రంధ్రాలన్నీనూ. డిస్కు తగినంత వేగంగా తిరిగేటప్పుడు బొమ్మ అంతా కనిపిస్తుంది. మన "కిటికీ" ముందు అదే ప్రమాణంగల "కిటికీ" ఒకటి డిస్కులోనే ఉన్నట్టు అనిపిస్తుంది.

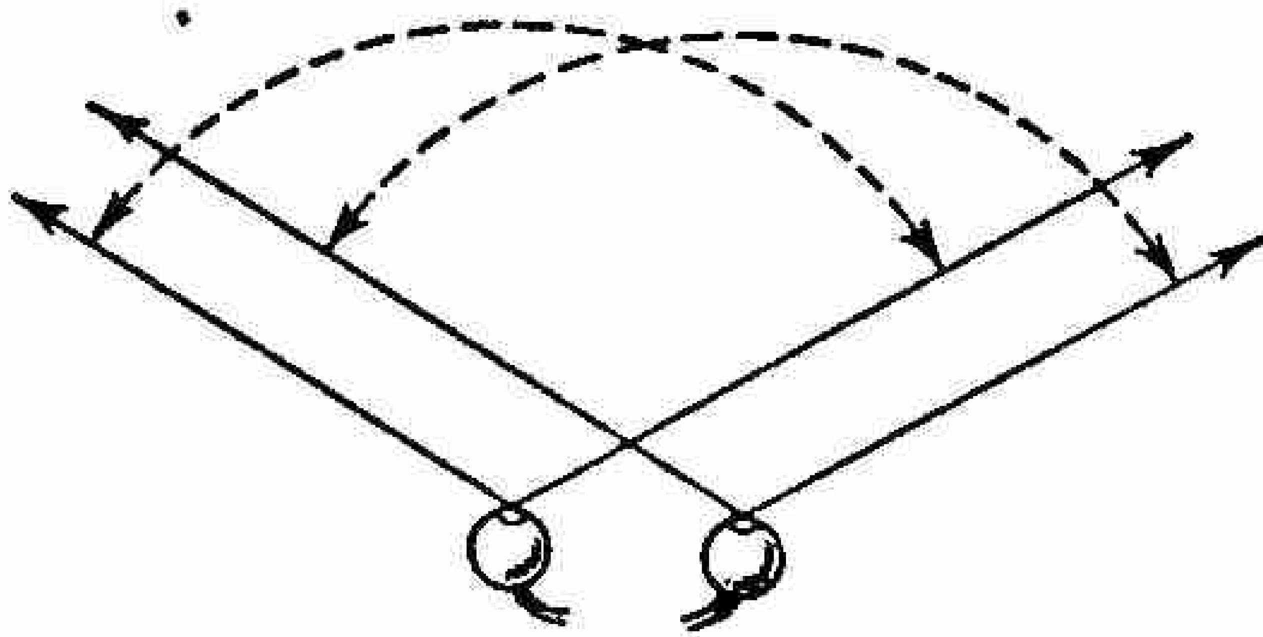
ఈ డిస్కును తయారు చేయడం చాలా తేలిక. దాన్ని తిప్పడానికి, దాని అక్షానికి ఒక దారంచుట్టి తిప్పవచ్చు. లేదా, చిన్న ఎలెక్ట్రిక్ మోటారును ఉపయోగిస్తే మరీ మంచిది.

## కుందేలు చూపు

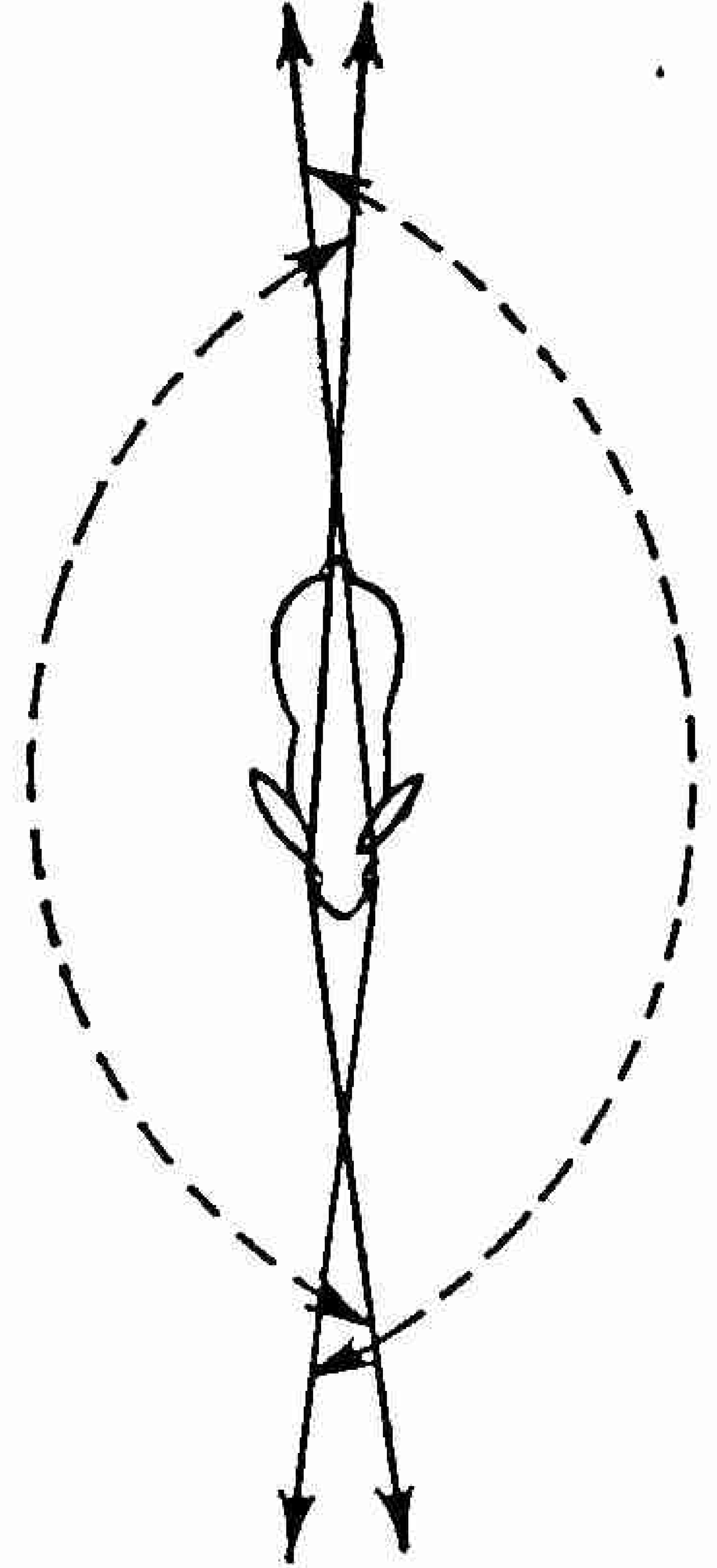
ఒక వస్తువును రెండు కళ్లతోటీ ఏక కాలమందు చూడగల కొద్ది ప్రాణులలో మనిషి ఒకడు. కుడి కన్ను చూసేదానికీ, ఎడమ కన్ను చూసేదానికీ మధ్య అంటే వాటి దృష్టిక్షేత్రాల మధ్య ఉండే వ్యత్యాసం చాలస్వల్పం.

అయితే సాధారణంగా జంతువులలో రెండు కళ్ళూ వేరు వేరు దృశ్యాలను చూస్తాయి. వాటికి దృశ్యాలలో మనం అలవాటు పడ్డ "రిలీఫ్" కనిపించదన్నమాటేగాని, వాటి దృష్టి మన దృష్టి కన్న ఎక్కువ మేర విస్తరిస్తుంది. చిత్రం 150 లో మనిషి కళ్లకు కనిపించే మేర దృక్షేత్రం చూపబడింది. ప్రతి కన్నూ క్షితిజ సమాంతర తలంలో 120 డిగ్రీల కోణంలో చూడగలదు. అంతేకాక రెంటి దృక్కోణాలూ ఇంచుమించు ఏకమై ఉంటాయి. (కళ్ళు కదలకుండా ఉన్నాయని ఉద్దేశం.)

చిత్రం 151 లో కుందేలు చూసే మేర (దృక్షేత్రం) సూచించబడింది. దాన్ని

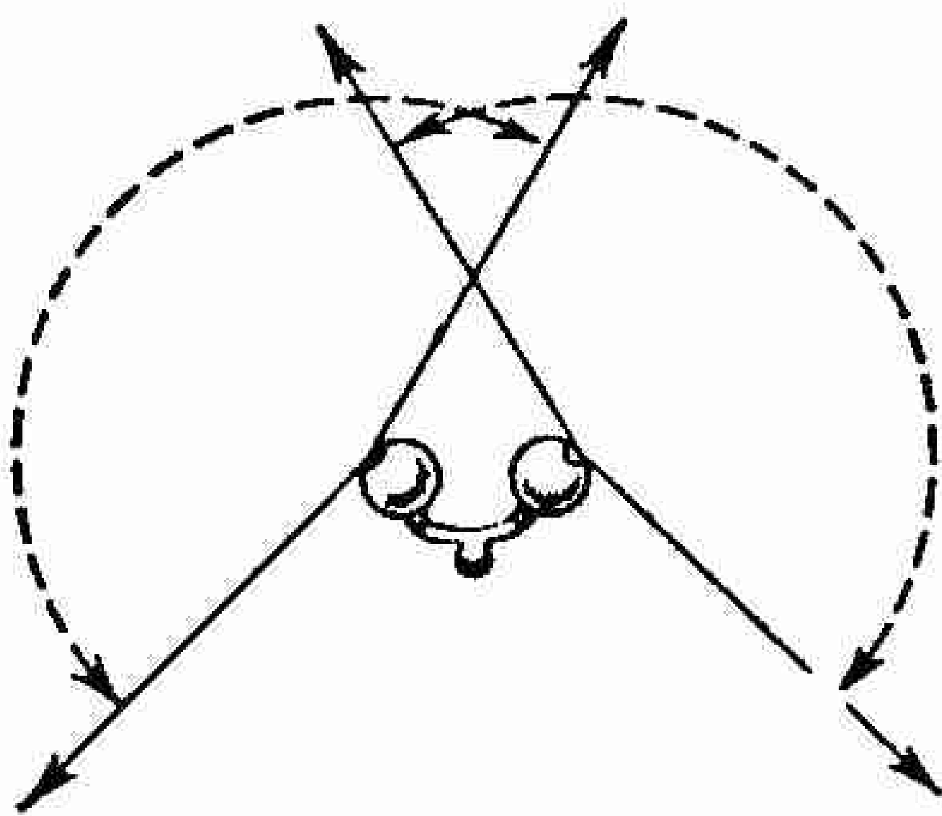


చిత్రం 150. మనిషి కళ్ల దృక్షేత్రాలు.



చిత్రం 151. కుందేలు కళ్ల దృక్షేత్రాలు.

చిత్రం 150 తో పోల్చి చూడండి. కుందేలు, ఎడంగా అమరి ఉన్న తన కళ్లతో, తల కదల్చకుండా, ముందున్నదీ వెనక ఉన్నదీ కూడా చూడగలదు. దాని రెండు కళ్ళూ చూసే మేరలు వెనకా, ముందూ కూడా కలుస్తాయి. అందుకే మనం వెనకపాటున దాన్ని సమీపించినా అది బెదిరి పారిపోతుంది. అయితే కుందేలుకు తన ముట్టెకు సమీపంలోనే ఉన్నది కనిపించదని బొమ్మను బట్టి స్పష్టమవుతుంది; దాన్ని చూడాలంటే అది తల పక్కకు తిప్పాలి.



చిత్రం 152. గుర్రం కళ్ల దృక్షేత్రాలు.

గిట్టలు కలిగి, నెమరు వేసే జంతువులకు దాదాపు అన్నిటికీ "చుట్టూ చూసేశక్తి" ఉంటుంది. చిత్రం 152 లో గుర్రానికి కనబడే మేర చూపబడింది. ఆ మేరలు

వెనక పార్శ్వాన కలవవన్నమాటేగాని, తన వెనక ఉన్నది చూడడానికి గుర్రం తన తలను అట్టే జాస్తీగా పక్కకు తిప్పనవసరంలేదు. వాటి దృష్టి సునిశితంగా ఉండని మాట నిజమేగాని, ఎక్కడ ఎంత చిన్న కదలిక ఉన్నా వాటికి తెలిసిపోతుంది. వేటాడే జంతువులకు "చుట్టు చూపు"కు బదులుగా "రెండు కళ్ల"చూపు ఉంటుంది. దాని సహాయంతో అవి తాము వేటాడే జంతువును పైకి దూకే దూరాన్ని సరిగా అంచనా వేయగలుగుతాయి.

## చీకట్లో పిల్లులన్నీ బూడిదరంగుగా ఉండేందుకు కారణం

"చీకట్లో అన్నిపిల్లులూ బూడిదరంగువే" అని రష్యను భాషలో ఒక సామెత ఉంది. అదే భౌతిక శాస్త్రవేత్త అయితే "చీకట్లో అన్ని పిల్లులూ నల్లగా ఉంటాయి" అనేవాడు. ఎంచేతంటే వెలుతురు లేనప్పుడు ఏవస్తువూ అసలు కనబడదు కనక, కాని సామెతయొక్క అభిప్రాయం కటిక చీకటి అనికాదు, కాంతి తక్కువగా ఉన్నప్పుడు మనం నిత్యం వాడే అర్థంలో చీకటి. కచ్చితంగా చెప్పాలంటే సామెత ఇలా ఉండాలి — రాత్రివేళ అన్నిపిల్లులూ బూడిదరంగువి. అసలు సామెతయొక్క వ్యుత్పత్త్యర్థం, ఉపమానార్థం కానిది, ఏమిటి అంటే వెలుతురు చాలనప్పుడు మన కన్ను రంగు తేడాలను కనిపెట్టలేదని అంచేత ప్రతీ తలము బూడిదరంగులో కనిపిస్తుందనీను.

ఇది నిజమేనా? మసక చీకట్లో ఎర్ర జండా, ఆకుపచ్చని ఆకు కూడా ఒకే బూడిద రంగులో కనిపిస్తాయా? ఇది ఒప్పని మనం సులువుగా రుజావు చెయ్యవచ్చు. సంధ్య చీకటిలో రంగులను పరిశీలించాలని మీరు ప్రయత్నించి ఉంటే, అన్ని రంగుల వస్తువులూ — ఎర్ర శాలువా అయేది, నీలం రంగు కాగితమయేది ఊదారంగు పూలయేది, ఆకుపచ్చని ఆకులయేది — సాంద్రమైన బూడిదరంగులో కనబడడం గమనించే ఉంటారు.

చేహోవ్ రచించిన "ఉత్తరం" అన్న కథలో, "తెరలు అడ్డం ఉండడంచేత సూర్య కాంతి లోపలికి రాక మసక చీకటిగా ఉన్నది. పెద్ద పూలగుత్తిలోని గులాబీలన్నీ ఒకేరంగుగా కనిపించాయి," అని చదువుతాం.

ఇది నిజమేనని ప్రయోగాలు ప్రత్యక్షంగా రుజావు చేశాయి. రంగు వస్తువుపైన కాంతిహీనమైన తెల్లని వెలుతురుగాని, తెల్లని వస్తువుమీద కాంతిహీనమైన రంగు వెలుతురుగాని ప్రసరింపజేసి, క్రమంగా కాంతిని హెచ్చిస్తూ వచ్చినట్టయితే, మొదట మన కళ్లు ఇంకేరంగు కాక ఉత్త బూడిదరంగు మాత్రమే చూస్తాయి. వెలుతురుయొక్క తీవ్రత ఒక ప్రత్యేక

ప్రమాణానికి వచ్చినప్పుడు మాత్రమే వస్తువుకి రంగున్నదని కన్ను గ్రహించడం మొదలుపెడుతుంది. ఈ కాంతి తీవ్రతనే "వర్ణవివక్షతయొక్క నీచదశ" అంటారు.

అందుచేత అనేకభాషలవారు చెప్పకొనే ఈ సామెతకి అక్షరాలా అర్థం ఏమిటి అంటే వర్ణవివక్షతయొక్క ఆరంభదశకు తక్కువ తీవ్రతగల కాంతిలో దేన్ని చూచినా బూడిదరంగు గానే ఉంటుంది. ఈ అర్థం ఎంతో ఒప్పైనది కూడా.

వర్ణవివక్షతకు ఉన్నతదశ అంటూ కూడా ఉన్నది. కాంతి మరీహెచ్చుగా ఉన్నప్పుడు కంటికి వర్ణవివక్షతపోయి అన్నిరంగుల వస్తువులు ఒకలాగే తెల్లగా కనిపిస్తాయి.

# శీతకిరణాలుంటాయా?

వెచ్చదనాన్నిచ్చే కిరణాలున్నట్టే చల్లదనాన్ని ప్రసరించే కిరణాలు, శీతకిరణాలు, కూడా ఉన్నాయని కొందరనుకుంటారు. కుంపటి తన చుట్టూ వేడిని కలగ చేసినట్టే మంచుగడ్డ చల్లదనాన్ని చేస్తున్నదిగదా అన్న విషయం ఈ కిరణాల గురించి ఆలోచన కలిగిస్తుంది. దీనినిబట్టి కుంపటి ఉష్ణకిరణాలను ప్రసరించిన మోస్తరుగా మంచుగడ్డ శీతకిరణాలను ప్రసరిస్తున్నది స్పష్టంకావడంలేదా?

ఈ విధంగా వ్యాఖ్యానించడం పొరపాటు. శీతకిరణాలనేవి ఉండనే ఉండవు. మంచు సమీపంగా ఉంచిన వస్తువు చల్లబడేది శీతకిరణాలమూలాన కాదు. వెచ్చని వస్తువులు మంచునుంచి పొందే వేడికన్న హెచ్చువేడిని తాము ప్రసారం చేస్తాయిగనక చల్లబడతాయి. వెచ్చనివస్తువులు, మంచుగడ్డ వేడినే ప్రసారం చేస్తాయి. మంచుకన్న వెచ్చనివస్తువు తాను తీసుకొనే వేడికన్న ఎక్కువవేడిని విసర్జిస్తుంది. వేడియొక్క రాబడికన్న పోబడి ఎక్కువ కావడంచేత వస్తువు చల్లబడుతుంది.

శీతకిరణాలనేవి నిజంగా ఉన్నాయేమోననిపించేటట్టు చేసే ప్రయోగం ఒకటి ఉన్నది. పెద్ద పుటాకారపు (కాన్కేవ్) అద్దాలు రెంటిని ఒకదానికొకటి ఎదురుగా ఉండేటట్టు ఒకపెద్దహాలులో గోడలకి అమర్చుతారు. ఒక అద్దంతాలూకు ఫోకస్‌లో శక్తివంతమైన ఉష్ణాధారాన్ని ఉంచినట్లయితే దానియొక్క ఉష్ణకిరణాలను అద్దం రెండో అద్దంపైకి ప్రసరింపజేస్తుంది. రెండో అద్దం ఈ కిరణాలను తన ఫోకసులో కేంద్రీకరిస్తుంది. ఆ ఫోకస్‌లో నల్లని కాగితాన్ని ఉంచితే అది భగ్గున మండుతుంది. ఉష్ణకిరణాలున్నాయనడానికిది ప్రత్యక్ష ప్రమాణం. కాని మొదటి అద్దపు ఫోకసులో ఉష్ణాధారమున్నచోట మంచుగడ్డను పెట్టి నల్లకాగితం స్థానంలో థర్మామీటరు పెట్టితే, థర్మామీటరు చూపే ఉష్ణోగ్రత తగ్గి

పోతుంది. అయితే శీతకిరణాలున్నాయని, అవి మంచునుంచి బయలుదేరి ధర్మామీటరుమీద ఫోకస్ అవుతున్నాయని అనుకోవలసిందేనా?

అదేమీలేదు. ఈ సందర్భాన్ని కూడా మాయ శీతకిరణాల ఊసులేకుండా వివరించవచ్చును. మంచునుంచి ధర్మామీటరుకు వచ్చిచేరే ఉష్ణకిరణ ప్రసారంకన్న ధర్మామీటరునుంచి మంచుకు వచ్చిచేరేవి జాస్తికావడంచేత ధర్మామీటరులోని పాదరసం చల్లబడుతుంది. అందుచేత శీతకిరణాలంటూ వుంటాయనడానికి ఎలాటి ఆధారములేదు. అలాటివి ప్రకృతిలోనేలేవు. అన్నికిరణాలు తమను సంగ్రహించే వస్తువులకు శక్తినే అందిస్తాయి. అదే సమయంలో కిరణాలను ప్రసారం చేసే వస్తువులు చల్లబడతాయి.

## పదవ అధ్యాయం

# ధ్వనీ, తరంగ చలనమూ

## ధ్వని తరంగాలు, రేడియో తరంగాలు

ధ్వని ప్రసారవేగం కాంతి ప్రసారవేగంలో సుమారు పదిలక్షల వంతు. రేడియో తరంగాలు కూడా, కాంతివేగంతోనే ప్రసారమవుతాయిగనుక వాటివేగం ధ్వనివేగంకన్న పది లక్షలరెట్లు. ఈ కారణంచేత ఒక విచిత్ర పరిస్థితి ఏర్పడుతుంది. దాన్నే ఈ సమస్యలో చూడవచ్చు!

సంగీత కచేరీ జరిగేటప్పుడు గానం ఎవరికి ముందు వినబడుతుంది — పాడేవాడికి 10 మీటర్ల దూరంలో కూర్చున్నవాడికా, 100 కిలోమీటర్ల దూరాన ఈ కచేరీ ప్రసారాన్ని గ్రహించే రేడియోదగ్గర కూర్చుని వినేవాడికా?

రెండో శ్రోత మొదటి శ్రోతకన్న 10,000 రెట్లు దూరంగా కూర్చున్నప్పటికీ రేడియోలో వినేవాడికే ముందు వినిపిస్తుంది; చిత్రం!

రేడియో తరంగాలు 100 కిలోమీటర్లు ప్రయాణించడానికి

$$\frac{100}{3,00,000}=\frac{1}{3,000}$$ సెకండు పట్టుతుంది.

ధ్వని తరంగాలు 10 మీటర్లు ప్రయాణించడానికి

$$\frac{10}{340}=\frac{1}{34}$$ సెకండు పట్టుతుంది.

అందుచేత ధ్వనిని గాలిలో ప్రసారం చేయడంకన్న రేడియోద్వారా ప్రసారం చెయ్యడం దాదాపు నూరింతలు శీఘ్రంగా జరుగుతుంది.

# ధ్వనీ, తూటా

జూల్స్ వెర్న్ నవలలో ఫిరంగి గుండులో చంద్రలోక యాత్రికులు బయలుదేరినప్పుడు వారిని దారిలో పెట్టిన బ్రహ్మాండమైన ఫిరంగి ప్రేలుడుచప్పుడు తమకు వినపడకపోవడం వారికి వింతగా తోచింది. కాని మరొకలాగా జరగడానికి వీలులేదు. ఫిరంగిమోత ఎంత చెవులు చిల్లులు చేసే దైనా అది ప్రసారమయ్యేవేగం సెకండుకు 340 మీటర్లు — సాధారణంగా గాలిలో ధ్వని ప్రయాణించే వేగం — మాత్రమే. కాని ప్రయాణీకులుండిన ఫిరంగి గుండు సెకండుకు 11,000 మీటర్ల వేగంతో దూసుకుపోయిందాయె. అందుచేత ఫిరంగి ప్రేలుడు వారికి వినిపించకపోవడం స్వాభావికమే. ఫిరంగి గుండు ధ్వనిని దాటిపోయింది.*

వాస్తవమైన ఫిరంగి గుండుల, తూటాల మాట ఏమిటి? అవి ధ్వనికంటే వేగంగా ప్రయాణం చేస్తాయా? లేక వాటికి గురికాబోయేవారిని వారిని చంపబోయే గుండు వస్తోందని ధ్వని ముందుగా పోయి హెచ్చరిస్తుందా?

ఆధునిక తుపాకులు తూటాలధ్వనికన్న దాదాపు మూడింతల వేగాన్ని తూటాలకిస్తాయి. అంటే సెకండుకు సుమారు 900 మీటర్లు. (ధ్వనివేగం $0^{\circ}$ లో 332 మీ/సె.) ధ్వనిలాగ తూటా ఒకే వేగంతో చివరిదాకా ప్రయాణించక, దాని వేగం క్రమంగా తగ్గుతుందనుకోండి. అయినప్పటికీ తూటా తాను వెళ్ళే దూరంలో హెచ్చు భాగం ధ్వనికన్నా హెచ్చు వేగంతోనే ప్రయాణిస్తుంది. అందుచేత యుద్ధంలో తుపాకీ పేలుడుగాని, తూటా గాలిలో పోతూ చేసే ధ్వనిగాని వినబడిన పక్షంలో నిశ్చింతగా ఉండవచ్చు: అప్పటికే అది విన్ను గురి తప్పి ఉంటుంది. తూటా ప్రేలుడుశబ్దంకంటే ముందుగా పోతుంది. దెబ్బ తినేవారికి తుపాకి పేల్చిన చప్పుడు వినబడేలోపునే గుండు తగిలి చనిపోతారు.

# పేలుడు భ్రమ

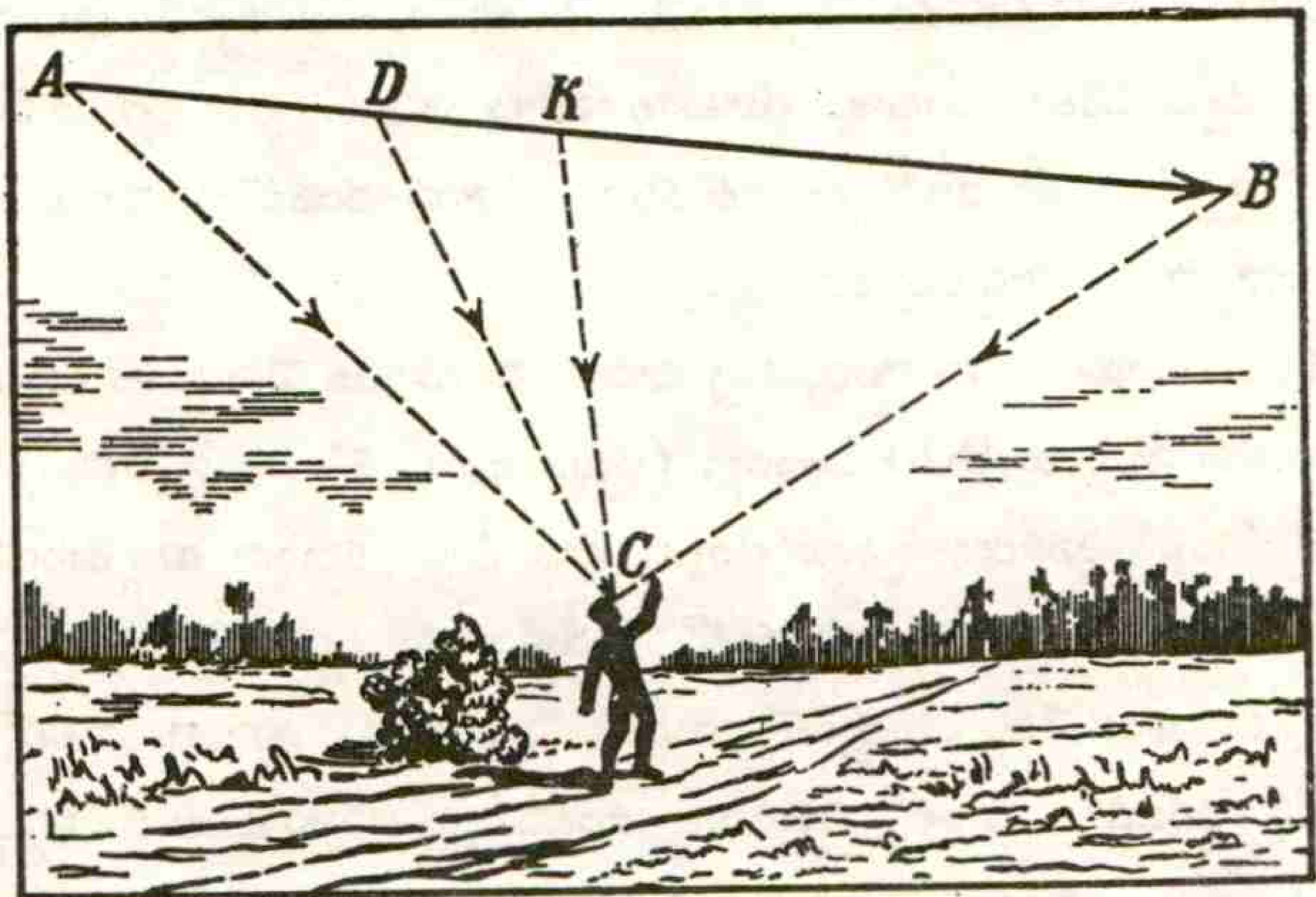
వస్తువు కదిలే వేగానికి అది పుట్టించే ధ్వని వేగానికి మధ్య ఉన్న పందెంవలన మనం అప్పుడప్పుడు అప్రయత్నంగా కొన్ని తప్పు తీర్పులకొస్తాం. ఆ తీర్పులు అసలు జరిగే విషయానికి సంబంధం కలిగి ఉండవు.

---

*ఆధునిక విమానాలు ధ్వనివేగంకంటే చాలా హెచ్చువేగంతో పోగలుగుతున్నాయి. — సం.

దీనికి సరియైన ఉదాహరణ ఆకాశంలో ఎత్తున ప్రయాణించే అగ్గిపిడుగు (bolide) లేక ఫిరంగి గుండు. బహిరాకాశంనుంచి మన భూమిచుట్టూ ఉండే గాలి పొరలోనికి ప్రవేశించే అగ్గిపిడుగులు, బ్రహ్మాండమైన వేగంతో ప్రయాణిస్తూ వాయునిరోధకానికి గురి అయికూడా, ధ్వని వేగానికి అనేక డజన్ల రెట్లు వేగం కలిగి ఉంటాయి.

గాలిలో దూసుకువచ్చే అగ్గిపిడుగు చేసే ధ్వని ఉరుములను పోలి ఉంటుంది. మనం *C* వద్ద (చిత్రం 153) ఉన్నామనుకోండి. ఆకాశంలో చాలా ఎత్తున అగ్గిపిడుగు *AB* చూపించే దారిలో ప్రయాణిస్తున్నది. *A* వద్ద అది ఉండగా అది పుట్టించిన ధ్వని *C* వద్దకు చేరేసరికి అగ్గిపిడుగు *B* వద్దకు చేరి ఉంటుంది. ధ్వని వేగంకన్న అగ్గిపిడుగు వేగం




చిత్రం 153. అగ్గిపిడుగు ప్రేలినట్టు భ్రమ.

చాలా హెచ్చుకనక, అది ఏ *D* వద్దనో ఉండగా చేసే ధ్వని, *A* వద్దనుంచి వస్తూన్న ధ్వని మనదాకా రాక పూర్వమే, మనను చేరవచ్చు. అందుచేత మనం ముందుగా *D* వద్దనుంచి ధ్వనిని విని, ఆతర్వాత *A* వద్దనుంచి వచ్చిన ధ్వనిని వింటాం. *B* వద్దనుంచి వచ్చే ధ్వని కూడా, *D* వద్దనుంచి వచ్చినదానికన్నా ఆలస్యంగానే మనని చేరుతుంది కనక, అన్నిటికన్నా మనకు ముందు వినపడే ధ్వని పుట్టుక స్థానం *K* అనేది మన బుర్రమీదనే ఎక్కడో ఉండి తీరాలి. అగ్గిపిడుగు వేగమూ, ధ్వని వేగమూ తెలిసినట్టయితే *K* అనే స్థానం ఎక్కడుండేది లెక్కలలో ఆసక్తిగలవారు గణించవచ్చు.

దీనిని ఫలితంగా జరిగేదేమంటే మనం చూసేదానికి, వినేదానికీ ఏమి పొంతు ఉండదు. కంటికి అగ్గిపిడుగు మొదట *A* అనే చోట కనపడి *A* నుంచి సూటిగా *B* కి

ప్రయాణించడం కనబడుతుంది. కాని చెవికి మట్టుకు అది మొట్టమొదట నెత్తిపైన $K$ వద్ద ఉన్నట్టూ, దాని ధ్వని రెండుగా చీలి, ఒకటి $K$ నుంచి $A$ దిక్కుగానూ, రెండవది $K$ నుంచి $B$ దిక్కుగానూ వెళ్లినట్టు తోస్తుంది. — అగ్గిపిడుగు పేలి రెండుభాగాలై, రెండు భాగాలు సర్రున రెండు దిక్కులకు వెళ్లిపోయినట్టనిపిస్తుంది. వాస్తవంగా పేలుడేమీ ఉండదు. దీన్ని బట్టి చెవి ఎలా మోసపోగలదో తెలుస్తుంది. అగ్గిపిడుగులను ''కళ్లారా'' చూచిన వారిలో అనేకమంది అవి పేలినట్టు చెప్పటానికి ఈ భ్రమే కారణమై ఉండవచ్చు.

## ధ్వని వేగం తక్కువయితే

గాలిలో ధ్వని ప్రయాణంచేసే వేగం సెకండుకు 340 మీటర్లకన్నా ఇంకా చాలా తక్కువై ఉంటే చెవి భ్రమలు మరింత తరుచుగా ఉండును.

మాటవరుసకు ధ్వని వేగం సెకండుకు 340 మీటర్లుకాక 340 మిల్లిమీటర్లు — నడక వేగంకన్న తక్కువ — మాత్రమే వుందనుకోండి. అటూ ఇటూ పచార్లు చేసే అలవాటుగల మిత్రుడు ఏదో చెపుతూ ఉంటే మీరొక కుర్చీలో కూర్చుని వింటున్నారనుకోండి. మామూలు పరిస్థితిలో ఈ పచార్లవలన మీరు వినడంలో చిక్కేమీ రాదుకాని, ధ్వని వేగం మనం అనుకున్నట్టుగా తక్కువగా ఉంటే, మీ స్నేహితుడు చెప్పేది మీకు అగమ్యగోచరంగా ఉంటుంది. అతను ముందు అన్న మాటలూ, తరువాత అన్నవీ కలగా పులగమైపోయి ఏమీ తెలియకుండా పోతుంది.

మీ మిత్రుడు మాట్లాడుతూ మీకేసి నడిచే సమయంలో అతని మాటలధ్వని వ్యత్యస్తంగా వినిపిస్తుంది. అతను చేసిన ఆఖరు ధ్వని మొట్టమొదటా, అతను కొంచెం ముందు చేసిన ధ్వని తరువాతా, మొట్టమొదట చేసిన ధ్వని ఆఖరుకు వినిపిస్తుంది. ఇలా జరగడానికి కారణమేమంటే అతను తన మాటలధ్వనికన్నా శీఘ్రంగా కదులుతూ ఎల్లప్పుడూ ధ్వనుల కన్నా ముందుంటూ ఇంకా కొత్తవి పుట్టిస్తాడు.

## మందకొడి సంభాషణ

గాలిలో ధ్వని ప్రయాణం చేసేవేగం (సెకండుకు మూడోవంతు కిలోమీటరు) హెచ్చు వేగమేనని మీకు తోచే పక్షంలో ఆ అభిప్రాయాన్ని ఇప్పుడే మార్చుకోవలసి ఉంటుంది.

మాస్కో, లెనిన్‌గ్రాడ్ నగరాలమధ్య ఎలక్ట్రిక్ టెలిఫోనుకు బదులు, స్టీమర్లలో కెప్టెన్ ఇంజన్ గదితో మాట్లాడటానికి ఉపయోగించే గొట్టం లాటిది ఉందనుకుందాం.

650 కి.మీ. పొడుగుండే ఆ గొట్టం ఒక చివర మీరు లెనిన్‌గ్రాడ్‌లో ఉండి, మీస్నేహితుడు మాస్కోలో రెండవ చివరన ఉన్నాడనుకోండి. మీరొక ప్రశ్నవేసి సమాధానం కోసం ఆలకిస్తారు. అయిదు నిమిషాలు గడుస్తుంది; పది నిమిషాలు, పదిహేను నిమిషాలు — కాని సమాధానం రాదు. అవతలివాడికి ఏంజరిగిందా అని మీకు ఆందోళన కలుగుతుంది. కాని అది అనవసరమైన ఆందోళన. మీ ప్రశ్న ఇంకా మాస్కో చేరలేదు, సగం దారిలో ఉంది. మరొక పావు గంటగడిస్తేగాని మీ ప్రశ్న మీ స్నేహితుడికి వినబడదు. అతని సమాధానం రావడానికి మళ్లీ అరగంటకి తక్కువ పట్టదు. గనుక ఒక గంటకు గాని మీ ప్రశ్నకు సమాధానం రాదు.

దీన్ని తేలికగా రుజావు చెయ్యవచ్చు. లెనిన్‌గ్రాడ్‌నుంచి మాస్కోకు 650 కి.మీ. ధ్వని వేగం సెకండుకు కిలోమీటరులో మూడవ వంతు. అందుచేత ఆ దూరం ప్రయాణం చేయడానికి ధ్వనికి 2,160 చిల్లర సెకండ్ల కాలం, లేక 35 నిమిషాల పైచిలుకు, పట్టుతుంది. ఈవిధంగా పొద్దుగూకలూ మాట్లాడినా పట్టుమని పది వాక్యాల సంభాషణ జరగదు.*

## శీఘ్ర మార్గం

అయితే ఒకప్పుడిదే అన్నిటికన్నా శీఘ్ర మార్గం అనిపించిన కాలం ఉండేది. నూరేళ్ల క్రితంకూడా ఎలెక్ట్రిక్ టెలిగ్రాఫూ, టెలిఫోనూ లేవు. ఆరోజుల్లో వార్తలను 650 కిలోమీటర్ల దూరానికి కొద్ది గంటలలో పంపడమంటే ఎంతో ఘనంగా ఉండేది.

మాస్కోలో మొదటి పాల్ అనే జార్ చక్రవర్తి రాజ్యాభిషేకం చేసుకున్నప్పుడు ఆ వార్తను ఉత్తర రాజధాని అయిన సెంట్ పీటర్స్‌బర్గ్‌కు ఈ విధంగా చేర్చారట. రెండు రాజధానుల మధ్యగల దారిలో రెండు వందల మీటర్లకు ఒక సిపాయిని చొప్పున నిలపెట్టారు. చర్చి గంటలు మోగ నారంభించగానే సమీపంలో ఉన్న సైనికుడు తుపాకి పేల్చాడు. అది విని వాడి సమీపంలో ఉన్నవాడు పేల్చాడు. ఇలా సిపాయిలందరూ ఒకరితరవాత ఒకరు తుపాకులు పేల్చుతూ పోగా పట్టాభిషేక వార్త సెంట్ పీటర్స్‌బర్గ్‌కు మూడు గంటలలో అందింది.

---

* దూరంతోబాటు ధ్వని క్రమంగా అంతరించిపోతుందన్న విషయాన్ని రచయిత బుద్ధి పూర్వకంగా ఉపేక్షించినట్టు కనపడుతుంది. ఇలా సంభాషించడం అసాధ్యమైనది. ఒక చివరి ఉన్నవాడి మాటలు రెండోచివర ఉన్నవాడికి వినిపించనే వినిపించవు.— సం.

మాస్కోలో చర్చి గంటలు మోగటం పీటర్స్‌బర్గ్‌కు వినిపించే మాటుంటే ఈ వార్త ఉత్తర రాజధానికి అరగంటలోనే చేరి ఉండును. మిగిలిన రెండున్నర గంటలకాలము సిపాయిలు అవతలివాడు చేసిన తుపాకీ పేలుడు విని, తనతుపాకిని పేల్చే ప్రయత్నం చెయ్యడంలో వ్యయమయి ఉంటుందన్నమాట. ప్రతి ఒక సిపాయి కొద్ది క్షణాలే వ్యయం చేసినప్పటికీ వేల సంఖ్యమీద ఈ క్షణాలన్నీ చేరి రెండున్నర గంటలయాయి.

పాతకాలపు ఆప్టికల్ టెలిగ్రాఫ్ ఇలాగే పని చేసేది. కాంతి సంకేతాలు అంచెలమీద పరిపబడేవి.

## డోలు, డప్పుల టెలిగ్రాపు

ఆఫ్రికా, మధ్య అమెరికా, పాలినీసియాలలోని కొన్ని జాతుల వారు యీనాడు కూడా ధ్వని సంకేతాలతో చాటుతారు. ఇందుకై ప్రత్యేకమైన డోళ్లు వుంటాయి. వాటి ధ్వని చాలా దూరానికి వినిపిస్తుంది. సంకేతపుధ్వనిని విన్నచోట మళ్లా పుట్టించి ఇంకో చోటికి పంపిస్తారు. అంచెలమీద యీ సంకేతాలు శీఘ్రకాలంలోనే ప్రాంతంయొక్క ప్రతి మూలకూ ఒక ముఖ్య వార్తను అందజేస్తాయి (చిత్రం 154).

ఇటలీ అబిసీనియాతో మొదటి యుద్ధం చేసినప్పుడు ఇటాలియను సైన్యాల కార్యకలాపాలన్నీ ఎప్పటికప్పుడు నేగస్ (అబిసీనియా రాజు)కు తెలుస్తూ వచ్చాయి. చాటింపు — టెలిగ్రాపు సంగతి ఎరగని ఇటాలియనులు ఇది చూసి దిగ్భ్రమ చెందారు.

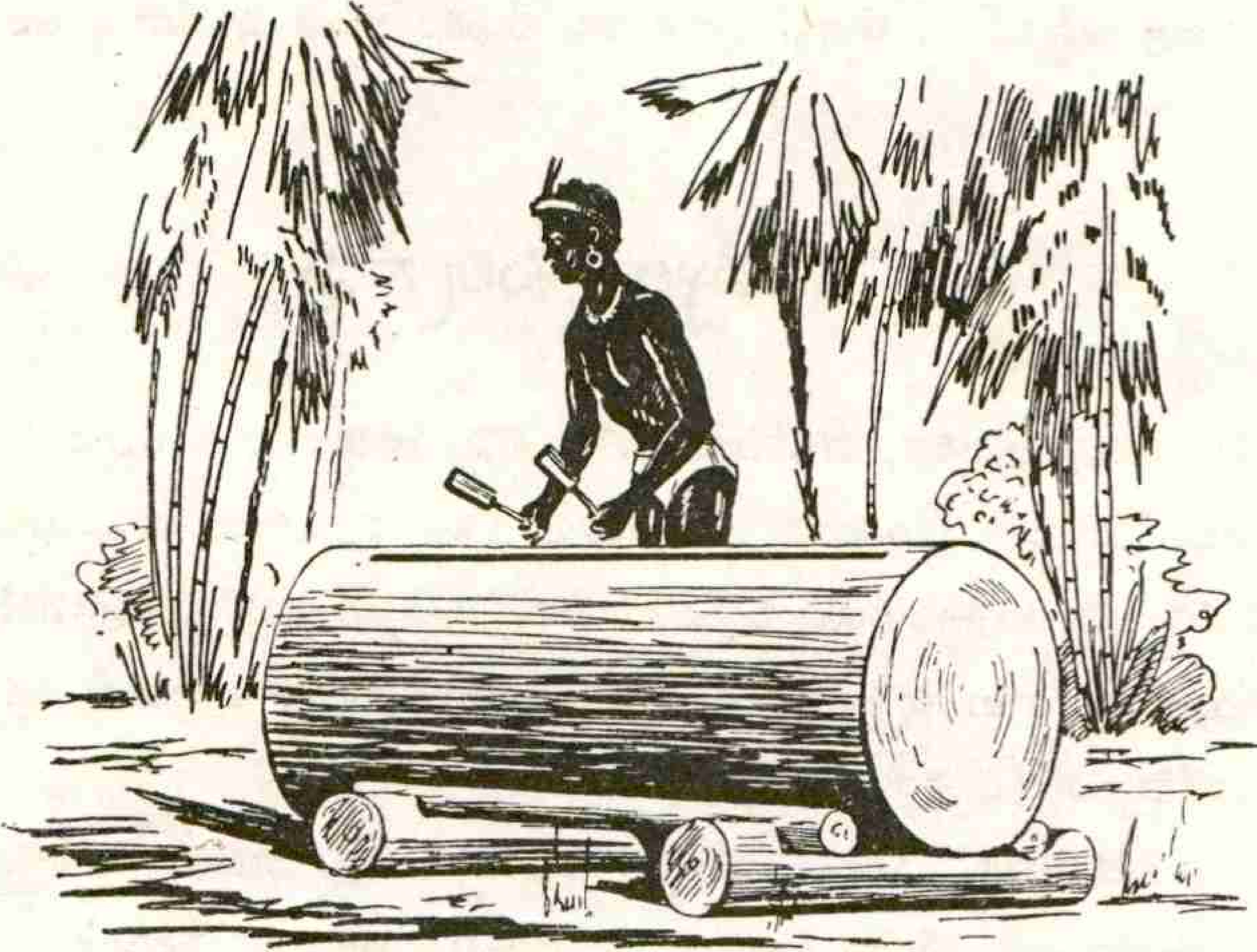
మరొకసారి ఇటలీ అబిసీనియాపై దండెత్తినప్పుడు, సైన్యాలను సిద్ధంగావలసిందిగా అడ్డిస్ అబాబా (అబిసీనియా రాజధాని)లో జారీ అయిన ఉత్తరువు కొద్దిగంటలకాలంలో దేశంలోని ప్రతి చిన్న గ్రామానికి దండోరా అయింది.

ఇంగ్లీషువారికి బోయర్లకూ యుద్ధం జరిగినప్పుడు కూడా దండోరా ఉపయోగించబడింది. యీవిధంగా కాఫర్లు యుద్ధవార్తలను అతి శీఘ్రంగా ప్రసారం చేశారు. వార్తాహరుల ద్వారా అధికార వార్తలు వచ్చి చేరడానికి కొన్నిరోజులు ముందుగానే కేప్ లాండ్‌లో వారికి అంతా తెలిసింది.

యూరప్‌లో ఎలెక్ట్రిక్ టెలిగ్రాఫ్ రాక పూర్వం ఉండిన ఆప్టికల్ టెలిగ్రాపుకన్న ఆఫ్రికాలోని ఆటవిక జాతులు ఉపయోగించిన ధ్వని సంకేతాల టెలిగ్రాపు ఎంతో సమర్థవంతంగా ఉండేదని చూసిన ప్రయాణీకులు చెపుతారు.

దండోరా టెలిగ్రాపును గురించి యీకింద విషయాలేదో పత్రికలో చదివాను. బ్రిటిషు మ్యూజియంకు చెందిన ఆర్కియాలజిస్టు ఆర్. హౌసల్డెన్ నైజీరియా మధ్య

ప్రాంతంలోని ఇబడా నగరం చూడబోయాడు. రాత్రింబవళ్లు విడవకుండా దండోరా వాయింపులు వినిపించాయి. ఒకనాటి వుదయం నీగ్రోలు తమలో తాము గొడవ పడుతూ మాట్లాడుకోవడం ఆయన గమనించాడు. ఆయన అదేమిటని అడిగితే, తెల్లవాళ్లు ప్రయాణించే పెద్ద నౌక మునిగి పోయిందనీ, అనేకమంది తెల్లవాళ్లు చనిపోయారనీ, చెప్పారు. హాసల్డైన్ అప్పట్లో ఈ పుకారును లక్ష్య పెట్టలేదు. అయితే, అతనికి మూడురోజులనంతరం "లూసిటా



చిత్రం 154. ఫిజీద్వీప వాసుల దండోరా – టెలిగ్రాఫు.

నియా" ప్రమాదం గురించి తంతి వచ్చింది. (అది రాక పోకలు విఘ్నం కావడంచేత ఆలస్యంగా చేరింది.) నీగ్రోలు చెప్పినది నిజమేననీ, అది దండోరా భాషలో కైరోనుంచి ఇబడాదాకా గాలిమీద తేలి వచ్చిందని అప్పుడాయన కర్థమైంది. ఇందులో మరింత ఆశ్చర్యకరమైన అంశమేమంటే, ఈ వార్తను అంచలమీద చేర్చిన ఆటవికులంతా ఒక భాష మాట్లాడేవారుకారు, వారిలో కొన్ని జాతులమధ్య కలహాలు కూడా సాగుతున్నాయి.

## ధ్వనించే మబ్బులూ, గాలిలో ప్రతిధ్వనీ

ధ్వని ఘన పదార్థాలు అడ్డొచ్చినప్పుడు మాత్రమేగాక మబ్బులనుంచి కూడా ప్రతిఫలిస్తుంది. కొన్ని పరిస్థితులలో స్వచ్ఛమైన గాలి సైతం ధ్వని తరంగాలను ప్రతిఫలిస్తుంది. ఏకారణంచేతనైనా ధ్వనిని చేరవేసే శక్తిలో ఆ గాలికి, దాని చుట్టూ ఉండే గాలికీ వ్యత్యాసం

ఏర్పడి ఇలా సంభవిస్తుంది. చాక్షుష శాస్త్రంలో "సంపూర్ణాంతః పరావర్తనం" ఎలాటిదో ఇదీ అలాటిదే. ధ్వనికి కంటికి కనిపించనదేదో అడ్డుతగిలి ప్రతిధ్వని వస్తుంది; కాని ఎక్కడ నించి వస్తోందో తెలియక వింతగా ఉంటుంది.

ధ్వని సంకేతాలతో సముద్ర తీరాన ప్రయోగాలు జరుపుతూ కాకతాళీయంగా టిండాల్ ఈ విషయం కనిపెట్టాడు. "అతిస్వచ్ఛమైన గాలిపొరలనుంచి అదృశ్యంగా ఉన్న, ధ్వనించే మబ్బులనుంచి ఇంద్రజాలం లాగ మాకు ప్రతిధ్వనులు వినిపించాయి," అని ఆయన రాశాడు.

స్వచ్ఛమైన గాలిలో ధ్వనిని పరావర్తింపచేసే భాగాలను ధ్వనించే మేఘాలని అవి గాలిలో ప్రతిధ్వని కలిగిస్తాయని ఆ సుప్రసిద్ధ బ్రిటిష్ భౌతిక శాస్త్రవేత్త అన్నాడు. ఈ విషయమై ఆయన ఇలా చెప్పాడు.

"గాలిలో ధ్వనించే మేఘాలు అనుక్షణమూ గాలిలో తేలుతూ ఉంటాయి. వాటికి మామూలు మబ్బులతోగాని, పొగమంచుతోగాని ఎలాటి సంబంధమూ లేదు. ఎంతో నిర్మలంగా (పారదర్శకంగా) ఉండే గాలిలోనైనా అవి కుప్పతెప్పలుగా ఉండవచ్చు; వాటి మూలాన, వాతావరణం ఎంతో నిర్మలంగా ఉన్న సమయంలోనే, ప్రతిధ్వనులు అసాధారణంగా కలుగ వచ్చు. ఈ విషయం చాలామంది నమ్మరు. ప్రయోగాలవల్లా, పరిశీలనవల్లా కూడా గాలిలో ఏర్పడే ప్రతిధ్వనులు నిరూపించబడ్డాయి. వేరువేరు ఉష్ణోగ్రతలుగల గాలిపొరలవల్లగాని, తడి హెచ్చుతగ్గులుగా గల గాలిపొరలవల్లగాని అవి కలుగవచ్చు."

## వినబడని ధ్వనులు

ఇలకోళ్లూ (కీచురాళ్లు), గబ్బిలాలు హెచ్చుస్థాయిలో పెట్టేకూతలను కొందరు వినలేరు. వారు చెవిటివాళ్లుకారు, వారి చెవులలో దోషముండదు, అయినా వారు హెచ్చు స్థాయిలో వెలువడే ధ్వనులను వినలేరు. పిచ్చుకల కిచకిచలు కూడా వినిపించని వారున్నారని టిండాల్ అంటాడు.

సాధారణంగా, మన పరిసరాలలో కలిగే కంపనాలన్నీ మన చెవి గ్రహించలేదు. సెకండుకు 16 కంటె తక్కువా, 15,000 – 22,000 కంటె ఎక్కువ కంపనాలుగల ధ్వనులను మనం వినలేం. ఉన్నత శ్రవణపరిమితి మనిషికీ మనిషికీ మారుతుంది. ముసలి వాళ్లలో అది సెకండుకు 6,000 కంపనాలకు తగ్గిపోవడం కద్దు. ఆకారణంచేతనే వింత జరుగుతుంది. ఒకరికి స్పష్టంగా వినిపించే తారస్థాయిస్వరం మరొకరికి అసలు వినబడదు.

దోమలూ, ఇలకోళ్లలాటి అనేక కీటకాలు సెకండుకు 20,000 కంపనాలతో గూడిన ధ్వనులు చేస్తాయి. అవి కొందరికి వినిపిస్తాయి, కొందరికి వినిపించవు. మొదటి రకంవాళ్లకు చెవులు చిల్లుపడేటట్టు చేసే వాతావరణం రెండో రకంవాళ్లకు ప్రశాంతంగా ఉంటుంది. స్విట్జర్లాండులో ఒక మిత్రుడివెంట వాహ్యాళికి వెళ్లిన ఉదంతాన్ని టిండాల్ ఈ విధంగా వివరించాడు. "దారికి రెండు పక్కలా ఉన్న గడ్డిలో అసంఖ్యాకమైన కీటకాలున్నాయి, అవి చేసే కీచు ధ్వనులతో నాతల దిమ్మెక్కిపోయింది. నా మిత్రుడి శ్రవణశక్తికి కీటకగానం అతీతం కావడంచేత అతనేమీ వినలేదు."

కీటకాలు చేసే కీచుధ్వనులకన్న గబ్బిలం కూత పూర్తిగా ఒక స్థాయి తక్కువగా ఉంటుంది; అంటే అది చేసే ధ్వనియొక్క కంపనాల పౌనఃపున్యం సగమే ఉంటుంది. కాని శ్రవణ పరిమితి అంతకంటె కూడా తక్కువగా ఉండేవారున్నారు, వారికి గబ్బిలాల కూతలు వినిపించవు.

సుప్రసిద్ధ సోవియట్ శాస్త్రవేత్త అకడమీషియన్ పావ్లోవ్ ప్రయోగాత్మకంగా నిరూపించినట్టుగా, కుక్కలు దీనికి వ్యతిరేకంగా సెకండుకు 38,000 కంపనాలుగల ధ్వనులదాకా వినగలవు. అవి "అతీత ధ్వనుల" కిందికి వస్తాయి.

## సాంకేతిక రంగంలో అతీత ధ్వనులు

మనం ఇంతవరకు చెప్పుకున్న ధ్వనులకంపన పౌనఃపున్యం కన్నా చాలాహెచ్చు పౌనఃపున్యాలుగల "వినబడని ధ్వనులను" ఆధునిక భౌతిక శాస్త్రవేత్తలూ, ఇంజనీర్లూ ఉత్పత్తి చెయ్యగలుగుతున్నారు. సెకండుకు కోటి కోట్ల కంపనాలవరకూ గల అతీత ధ్వనులుండే అవకాశం ఉన్నది. ఇప్పటివరకూ సాధించిన కంపనాల గరిష్ఠ పౌనఃపున్యం సెకండుకు 100 కోట్లు.

శిలాస్ఫటికాలను ఒక విధంగా పలకలుగా కోస్తే వాటిని నొక్కినప్పుడు విద్యుత్తు పుట్టుతుంది — దీన్ని పీజో ఎలెక్ట్రిసిటి అంటారు. ఈ గుణం ఆధారంగా అతీత ధ్వనుల సృష్టించడం ఒక పద్ధతి. ఈ స్ఫటికపు పలకలు, ఆవర్తిత విద్యుదావేశ ప్రభావంవల్ల సంకోచ, వ్యాకోచాలు పొంది, అతీత ధ్వని తరంగాలను కలిగిస్తాయి. ఈ పలకలను విద్యుదావేశితం చేయడానికి రేడియో ఇంజనీరింగులో వాడే ట్యూబు జనరేటరును వాడతారు.

ఈ జనరేటరు పుట్టించే కంపన పౌనఃపున్యాన్ని పలకయొక్క స్వీయ పౌనఃపున్యానికి సమానమైనట్లు ఎంచుతారు.*

అతీత ధ్వనులను చెవులతో వినలేమన్న మాటేకాని అవి ఇతర విధాల ద్యోతక మవుతాయి. కంపనాలతో కూడిన పలకను నూనె జాడీలో ముంచినట్టయితే, నూనె పైభాగం 10 సెంటిమీటర్ల ఎత్తున ఉబుకుతుంది. అతీత ధ్వనుల ప్రభావంచేత నూనె తుంపర్లు 40 సెంటిమీటర్లు ఎత్తుకు లేస్తాయి. ఆ సమయంలో నూనెలోకి ఒక మీటరు నిడివిగల గాజు గొట్టాన్ని ఉంచి రెండవకొన చేతితో పట్టుకుంటే చెయ్యి బొబ్బ ఎక్కుతుంది. కంపనాలతో కూడిన గాజుగొట్టపు మొనతో కొయ్యలో బొక్కపడేలాగా కాల్చవచ్చు. అతీత ధ్వనుల శక్తి ఉష్ణశక్తిగా పరివర్తన చెందుతుంది.

అతీత ధ్వనులను గురించి సోవియట్ యూనియనులోనూ, ఇతర దేశాలలోను శాస్త్రవేత్తలు ప్రగాఢమైన పరిశోధనలు చేస్తున్నారు. ప్రాణులపైన వీటి ప్రభావం జాస్తి, అవి సముద్రపు నాచు యీనల్ను తెంపగలవు. జంతు జీవకణాలను బద్దలు చెయ్యగలవు, ఎర్ర జీవకణాలను విచ్ఛిన్నం చెయ్యగలవు. ఒకటి రెండు నిమిషాలపాటు అతీత ధ్వని ప్రయోగిస్తే చిన్న చిన్న చేపలూ, కప్పలూ చచ్చిపోతాయి. జంతువులరక్తపు ఉష్ణోగ్రత 45 సెం. డిగ్రీల దాకా పెరుగుతుంది — దీనికి చుంచెలుకలు మంచి ఉదాహరణ. కంటికి కనిపించని అల్ట్రా వయొలెట్ కిరణాలలాగే చెవికి వినిపించని అతీత ధ్వనులు రోగులకు చికిత్స చెయ్యడానికి డాక్టర్లకు ఉపకరిస్తున్నాయి.

లోహపరిశ్రమలో కల్మషాలనూ, పోతలో కలిగే బోలునూ, గుల్లలనూ, ఇతర దోషాలనూ కనిపెట్టటానికి అతీత ధ్వనిని విరివిగా ఉపయోగపరుస్తున్నారు. అతీత ధ్వనితో లోపాలు కనిపెట్టడానికి పరీక్షించే లోహపు వస్తువుపైన నూనె పూత పూసి అతీత ధ్వని ప్రయోగిస్తారు. లోపభూయిష్ఠమయిన భాగంపైన ప్రసరించే తరంగాలు చెదిరి పోయి, ఒక ధ్వని నీడలాంటిది ఏర్పడి, మిగత ప్రదేశాన్ని ఆవరించి కల్మషాలు ఉండే భాగం నూనె తరగల మధ్య స్పష్టంగా కనబడుతూ ఫోటోగ్రాఫుచెయ్యడానికి కూడా వీలుగా ఉంటుంది.**

---

* శిలాస్ఫటికం చాలా ఖరీదు కనకనూ, వాటినుంచి వెలువడే అతీత ధ్వనులు దుర్బలంగా ఉంటాయికనుకనూ, వాటిని ప్రయోగశాలలో వాడుతున్నారు. సాంకేతిక అవసరాలకు ఇంజనీర్లు బేరియంటైటనేట్ సిరామిక్స్ లాటి కృత్రిమ పదార్థాలను ఉపయోగిస్తున్నారు.— సం.

** అతీత ధ్వనులతో లోపాలను కనిపెట్టే విధానాన్ని 1928 లో సోవియట్ శాస్త్రవేత్త ఎస్. యా. సొకొలోవ్ సూచించాడు. ప్రస్తుతం నూనెకు బదులుగా అతీత ధ్వని కంపనాలను గ్రహించడానికి ప్రత్యేక గ్రాహకాలు వాడుతున్నారు. అవి కొలతలను సులువుగా చేస్తాయి. — సం.

ఒక మీటరు మందంగల లోహపు దుంగను అతీత ధ్వనితో పరీక్షించ వచ్చు, అది ఎక్స్‌రేలకు అతీతమైనది. అంతే కాక, అతీత ధ్వనితో ఒక మిల్లీమీటరు లావుమాత్రమే గల తీగలోని దోషాలకు కూడా తెలుసుకో వచ్చు. దానికి మంచి భవిష్యత్తు వున్నదనడానికి సందేహంలేదు.*

# రాక్షసి భాషా, బుడత భాషా

"కొత్త గలివరు" అన్న సోవియట్ చిత్రంలో లిల్లీపుటులు తమ బుల్లి కంఠాలకు అనుగుణమైన కీచు గొంతుతోను కుర్ర గలివరు పేత్య బొంగురు గొంతుతోనూ మాట్లాడుతారు. అయినప్పటికీ చిత్రం తీసేటప్పుడు లిల్లీపుటులకు మాట్లాడినది పెద్దవాళ్లే. పేత్యకు మాట్లాడినవాడు నిజంగా కుర్రవాడే. స్థాయిలను ఎలామార్చారు? నటులు తమ కంఠాలను మార్చటానికి ప్రయత్నించను కూడా లేదని చిత్రదర్శకుడు ప్టూష్కో చెప్పినప్పుడు నాకు అత్యాశ్చర్యమయింది. ధ్వనియొక్క భౌతిక గుణాల ఆధారంతో ఇది సాధించడానికి ఒక సరికొత్త మార్గం అవలంబించారు.

లిల్లీపుటులకు కీచుగొంతులు రావడానికి వారి సంభాషణలను తక్కువ వేగంతోను పేత్య కంఠం బొంగురుగా ఉండడానికి హెచ్చువేగంతోను రికార్డు చేశారు. కాని సౌండు ఫిల్ము మామూలు వేగంతోనే ప్రదర్శించబడుతుంది. దాని ఫలితం మీరు వూహించవచ్చు. లిల్లీపుటుల సంభాషణలు వినిపించే మేర కంపనాలు చాలా హెచ్చుగా రికార్డయి వుంటాయి. అందుచేత హెచ్చుస్థాయిలో వినిపిస్తాయి. పేత్య గొంతు అలాకాకుండా మరింత నింపాదిగా వినిపిస్తుంది. అందుచేత చాలా తక్కువస్థాయిలో వుంటుంది. దీని ఫలితంగా "కొత్త గలివరు" చిత్రంలో లిల్లీపుటుల సంభాషణలు మామూలు పెద్దలగొంతుకన్నా అయిదు స్వరాలు హెచ్చుగానూ, కుర్ర గలివరు సంభాషణ పిల్లలగొంతుకన్న అయిదు స్వరాలు తక్కువగాను వినిపిస్తుంది.

ఈవిధంగా ఒక ప్రత్యేకమైన సౌండు ఎఫెక్టు కొరకు తక్కువవేగం ఉపయోగించ బడింది. సాధారణంగా గ్రామఫోను రికార్డులను హెచ్చువేగంలోకాని మరీతక్కువవేగంలోకాని పాడిస్తే యిలాటి ఎఫెక్టే కలుగుతుంది.

---

*ప్రకృతిలో కూడా — ఉదాహరణకు గాలి మోతలోనూ, సముద్ర కెరటాల హూరులోనూ — అతీత ధ్వనులున్నాయి. సీతాకోకచిలుకలూ అనేక రకాల కీటకాలూ కూడా అతీత ధ్వనులను చేస్తాయి వింటాయి. గబ్బిలాలు ఎగిరేటప్పుడు దారిలో తగలబోయే అడ్డాలనుంచి తప్పుకునేందుకు అతీత ధ్వనులను ఒకరకమైన రేడారుగా ఉపయోగించుకుంటాయి. — సం.

# ఒకే దినపత్రికను

# రోజుకు రెండు సార్లు అందించడం

ఇప్పుడు మనం చర్చించబోయే సమస్యకు స్థూలంగా భౌతికశాస్త్రంలోకాని, ప్రత్యేకించి ధ్వనిలో కాని ఏమీ సంబంధము లేనట్టు చప్పున అనిపించవచ్చు. అయినప్పటికీ దాని ద్వారా ముందు చెప్పబోయే సంగతులు మరింత బాగా అర్థమవుతాయి. కనుక యీ సమస్యను జాగ్రత్తగా మనసుకు పట్టించుకో కోరుతాను.

యిదే సమస్యను మరో రూపంలో మీరిదివరకే విన్నా విని ఉండవచ్చు.

సమస్య యిది. ప్రతిరోజూ మిట్టమధ్యాహ్నంవేళ మాస్కోనుంచి వ్లదివొస్తోక్‌కు ఒక రైలుబండి బయలుదేరుతుంది. అదే విధంగా ప్రతి మధ్యాహ్నం వ్లదివొస్తోక్‌నుంచి మాస్కోకు ఒక రైలు బయలుదేరుతుంది. అది పదిరోజుల ప్రయాణమనుకుందాం. మీరు వ్లదివొస్తోక్‌లో బయలుదేరి మాస్కో చేరే లోపల మాస్కోనుంచి వచ్చే రైళ్లు ఎన్ని ఎదురవుతాయి?

ఎక్కువమంది తొందరపడి పది అని చెపుతారు. కాని అది తప్పు. మీరు వ్లదివొస్తోక్ నుంచి బయలుదేరిన తరవాత మాస్కోనుంచి వచ్చే పదిరైళ్లమాత్రమే కాక మీరు బయలు దేరకముందు బయలుదేరి దారిలో వున్న రైళ్లు కూడా ఎదురవుతాయి. అందుచేత సరి అయిన సమాధానం పది కాదు. ఇరవై.

మరొక విషయం కూడా ఆలోచిద్దాం. మాస్కోనుంచి బయలుదేరే ప్రతిరైలూ తాజా దినపత్రికలను తెస్తుంది. మీకు మాస్కోవార్తలను తెలుసుకోవాలని కోరిక వుంటే బండి ఆగినచోటల్లా తాజాపత్రికలు కొంటారు. మీరు పది రోజుల ప్రయాణంలోను ఎన్ని దినపత్రికలు కొంటారు?

యిప్పుడు మీరు కష్టపడరు. సరియైన సమాధానం 20. ఏమంటే మీకు ఎదురువచ్చే ప్రతి రైలు తాజా పత్రికలు తెస్తుంది. మీకు 20 రైళ్లు ఎదురు వస్తాయికనుక 20 తాజాపత్రికలను కొంటారు. కాని మీ ప్రయాణం 10 రోజులపాటేకనుక మీరు రోజుకు రెండు సార్లు దినపత్రికను చదువుతారు.

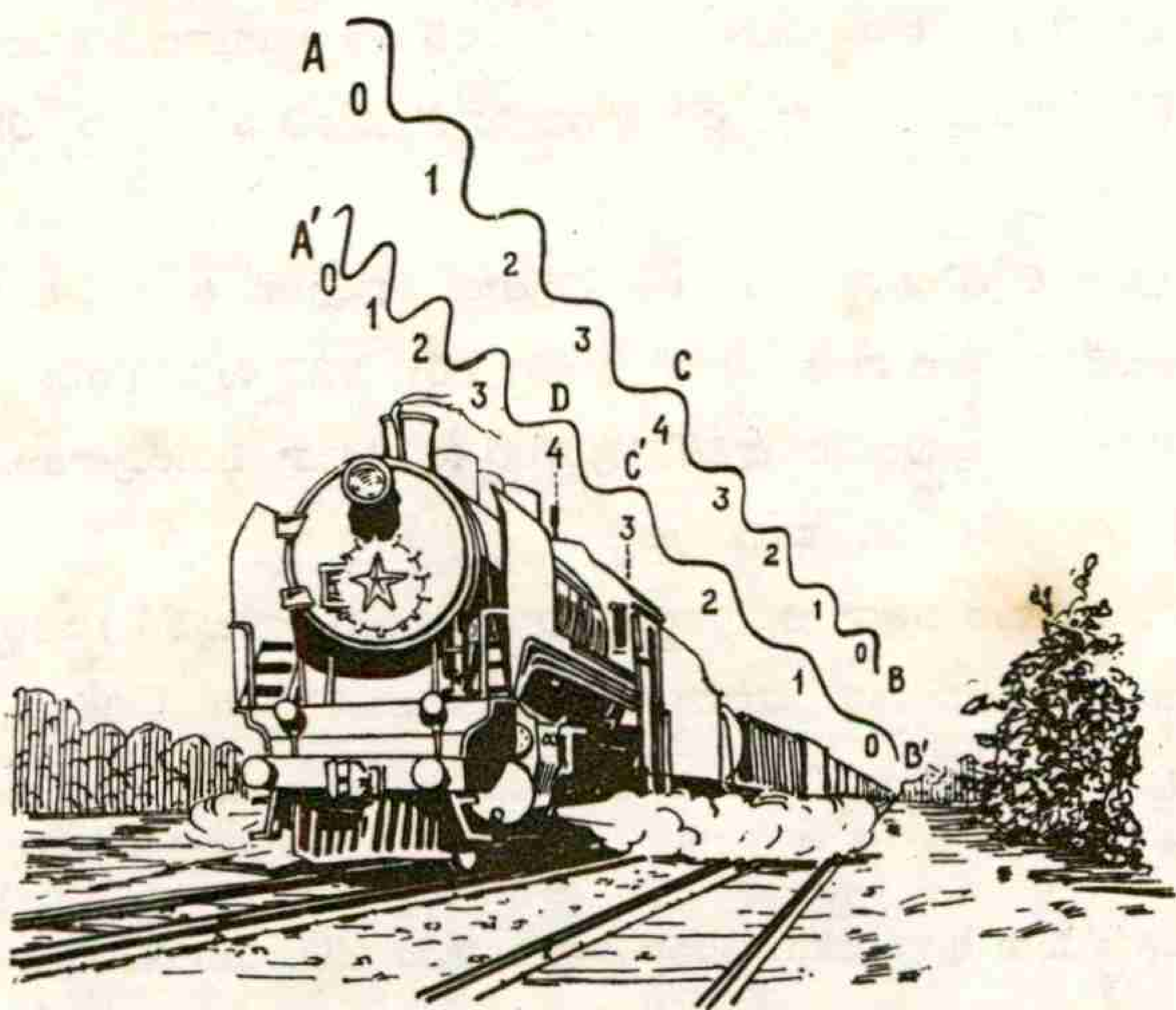
ఇది విపరీతమనిపిస్తుంది కదూ? అనుభవం ద్వారా ఋజువయితే తప్ప మీరు నామాట నమ్మలేక పోవచ్చు.

# రైలుకూత సమస్య

మీకు సంగీతం గ్రహించగల శక్తి బాగా వున్నట్టయితే రైలుయింజను మీరున్న రైలుకెదురుగా కూస్తూ వెళ్లినప్పుడు దాని కూతయొక్క స్థాయి – శబ్దాధిక్యత కాదు స్థాయి మాత్రమే – మార్పు చెందడం గమనించే వుంటారు. రెండు రైళ్లూ ఒకదాన్నొకటి సమీపిస్తున్నప్పుడు కూత స్థాయి హెచ్చుగా వినిపించి రైళ్లు ఒకదానినొకటి దాటి దూరంగా వెళ్లినప్పుడు తక్కువ అవుతుంది. రెండు రైళ్లు గంటకు 50 కిలోమీటర్ల వేగంతో నడుస్తున్నట్టయితే స్థాయిలో ఒక స్వరం వ్యత్యాసం వుంటుంది.

ఇలా ఎందుకు జరుగుతుంది?

స్వరస్థాయి అన్నది సెకండుకు ఎన్ని కంపనాలు అన్నదానిమీద ఆధారపడుతుందని గుర్తుంచుకుని ముందు చెప్పిన తాజాపత్రికల సామ్యం చూసుకున్నట్టయితే యీ సమస్యను




చిత్రం 155. రైలుకూత సమస్య. ఎగువ – నిలిచి ఉన్న ఇంజనుకూతయొక్క తరంగాలు; దిగువ – కుడినుంచి ఎడమకు నడిచే రైలుయొక్క ఇంజనుకూత తరంగాలు.

పరిష్కరించడం కష్టం కాదు. ఎదురుగా వచ్చే రైలుకూత ఒకే పౌనఃపున్యంగలదై వుంటుంది. కాని మన చెవికి చేరే కంపనాల సంఖ్య మనం ఎదురు పడుతుండడాన్ని బట్టి, నిలిచి వుండడాన్ని బట్టి, దూరం అవుతుండడాన్ని బట్టి మార్పు చెందుతుంది.

మాస్కోకు ప్రయాణం చేసేటప్పుడు రోజుకు రెండు తాజా దినపత్రికలు అందిన విధంగానే ఎదురు రైలుకూతయొక్క కంపనాలు వాస్తవంగా విజిలునుంచి వచ్చే వాటికన్న తరచుగా మీ చెవిని చేరుతాయి. అయితే ఇప్పుడు మీరు అనలుకంటె ఎక్కువ సంఖ్యలో కంపనాలను విన్నారు అని ఆలోచించుతూ కూచోరు. తిన్నగా హెచ్చు స్థాయిలో స్వరం వినిపిస్తుంది. అంతే. అదే విధంగా మనం దూరం వెళ్లేటప్పుడు కంపనాలు తక్కువ సంఖ్యలో చేరి స్థాయి తక్కువగా వినిపిస్తుంది.

నా యీ వివరణ మీకు తృప్తికరంగా లేకపోతే ఇంజనునించి ధ్వని తరంగాలు ఎలా ప్రసారమవుతాయో మనసులో ఊహించుకోండి. ముందు రైలు నిలిచి వున్నట్టు భావించండి (చిత్రం 155). ఇంజనునుంచి తరంగ పరంపర బయలుదేరుతుంది. ఎగువనున్న తరంగరేఖలో నాలుగు తరంగాలు మాత్రమే తీసుకుందాం. నిలిచి వున్న ఇంజనునుంచి యీ తరంగాలు అన్ని దిక్కులకూ ఒకే వేగంతో పోతాయి. $O$ తరంగం $A$ వద్ద ఉన్నవాడినీ $B$ వద్ద వున్నవాడినీ ఒకేసారి చేరుతుంది. అలాగే 1, 2, 3 వగైరా తరంగాలు $A$ వద్ద $B$ వద్ద వున్నవారిని ఒకేసారి చేరుతాయి. ప్రతి సెకండు కాలంలోనూ ఇద్దరికీ ఒకే సంఖ్యగల తరంగాలు చెవిని సోకుతాయి — అందుకే యిద్దరికీ కూత ఒకే స్థాయిలో వినపడుతుంది.

కూత పెడుతున్న రైలు యింజను $B$ నుంచి $A$ దిక్కుగా నడుస్తున్నప్పుడిలా జరగదు (దిగువ తరంగ రేఖ). ఏదో ఒక క్షణంలో ఇంజను $C'$ వద్ద ఉందనుకుందాం. యింజను $C'$ నుంచి $D$ కి చేరే మధ్య కాలంలో నాలుగు ధ్వని తరంగాలు వెలువడ్డాయనుకుందాం.

యిప్పుడు ధ్వని తరంగపు ప్రసారంలో తేడా తెలుసుకుందాం. $C'$ నుంచి వెలువడిన $O$ తరంగం $A'$, $B'$ లవద్ద వున్న వారి యిద్దరినీ ఒకసారే చేరుతుంది. కాని $D$ నుంచి వెలువడిన నాల్గవ తరంగం యిద్దరినీ ఒకసారి చేరదు. ఎందుకంటే $DA'$ కన్న $DB'$ ఎక్కువ దూరం. కనుక అది $B'$ వద్దకుకంటె $A'$ వద్దకు ముందుగా చేరుకుంటుంది. మధ్య వుండే 1, 2 తరంగాలు కూడా $A'$ ముందుగాను $B'$ ఆలస్యంగానూ చేరుకుంటాయి. అయితే అవి కాస్త తక్కువ ఆలస్యంగా చేరుతాయి. యీకారణంచేత $B'$ వద్దకన్న $A'$ వద్దకు తరంగాలు మరింత తరచుగా చేరి ధ్వని స్థాయి హెచ్చుగా వినిపిస్తుంది. అదే రీతిగా $B'$ వద్దకు వెళ్లే తరంగాల నిడివికన్న $A'$ వద్దకు తరంగాల నిడివి బొమ్మలో స్పష్టంగా చూసినట్టు తక్కువగా వుంటుంది.*

---

*చిత్రంలో వుండే తరంగ రేఖలు ధ్వని తరంగాల ఆకృతిని ప్రదర్శించవు. ధ్వని ప్రసారమయ్యే మార్గంలో గాలి కణాలలో కలిగే కంపనం "అనుదైర్ఘ్య" మైనది (longitudinal vibration) "తిర్యకంపనం" (transerse vibration) కాదు. బొమ్మలో వివరణ సౌకర్యంకోసం తిర్యకంపనం చూపబడింది. ప్రతి తరంగపు శిఖ (crest) గరిష్ఠ అనుదైర్ఘ్య సంకోచాన్ని సూచిస్తుంది.

# డాప్లర్ ఎఫెక్ట్

పైన చెప్పిన విషయాన్ని డాప్లర్ అనే భౌతిక శాస్త్రవేత్త కనిపెట్టాడు. తదనంతరం దానికి డాప్లర్ ఎఫెక్ట్ అన్న పేరు వచ్చింది. కాంతి కూడా తరంగాలలోనే ప్రసరించుతుంది కనక కాంతికి కూడా యీ ఎఫెక్ట్ వున్నట్టు గమనించ బడింది. ధ్వని విషయంలో కంపన పౌనః పున్యపు పెరుగుదల ఫలితంగా ధ్వనియొక్క స్థాయి హెచ్చుతే కాంతి విషయంలో రంగు మార్పు చెందుతుంది.

యీ డాప్లర్ ఎఫెక్టు అనే దాని సహాయంతో నక్షత్ర శాస్త్రవేత్తలు ఒక నక్షత్రం మన దిక్కుగా కదులుతున్నదో లేక మనకు దూరంగా పోతున్నదో తెలుసుకోవటమేకాక దాని వేగాన్ని కూడా అంచనా కట్టకలుగుతున్నారు. వర్ణమాలలోని నల్లని నిలువు గీరలు పక్కకు జరగడం ఇందుకు వుపకరిస్తుంది. నక్షత్రాల వర్ణమాలలోని ఈనల్లగీరలు ఎటు పక్కకు జరిగాయి, ఎంత మేల జరిగాయి అన్నదానిని బట్టి నక్షత్రవేత్తలు అనేక అద్భుత విషయాలు తెలుసుకోగలిగారు. సిరియస్ అన్న కాంతివంతమైన నక్షత్రం మననుంచి సెకండుకు 75 కిలోమీటర్ల వేగంతో దూరమై పోతున్నదని డాప్లర్ ఎఫెక్ట్ మూలానే బయటపడింది. అది మనకు ఎంత అనూహ్యమయిన దూరంలో వున్నదంటే అది కొన్ని వందల కోట్ల కిలోమీటర్ల దూరంగా వెళ్ళిపోయినప్పటికీ దాని కాంతిలో తరుగుదలను మనం గమనించలేము. అందుచేత డాప్లరు ఎఫెక్టు లేని పక్షంలో అది మనకు దూరంగా పోతున్న సంగతి మనం ఊహించకనే పోదుము. [సిరియస్ మనకు 3 కాంతి సంవత్సరాల దూరంలో ఉన్నది.— అను.]

దీన్ని బట్టి భౌతికశాస్త్రం ఎంత సర్వవ్యాప్తమయినదో ఎంత సర్వసమన్వితమయినదో మనకు కళ్లకు కట్టినట్టు తెలుస్తుంది. మీటర్ల కొద్దీ నిడివిగల ధ్వని తరంగాల విషయమై మనమొక సూత్రం సాధిస్తే అది అత్యంత సూక్ష్మ తరంగాలతో కూడిన కాంతికి అనువర్తించడమేకాక శూన్యాకాశంలో బహుదూరాన అతి వేగంగా కదిలే నక్షత్రాల వేగాన్ని కొలవడానికి ఉపయోగ పడుతుంది.

## జరిమానా కథ

కాంతినిగాని ధ్వనినిగాని ప్రసారం చేసే వస్తువు మనను సమీపించినా మనకు దూరమయినా కూడా తరంగదైర్ఘ్యంలో మార్పుకలగాలని డాప్లర్ మొట్టమొదట (1842 లో) నిర్ధారణ చేస్తూ ధైర్యంగా ఆయన యీ కారణంచేతనే నక్షత్రాలు రంగులురంగులుగా

కనబడతాయని ప్రకటించాడు. అన్ని నక్షత్రాలు వస్తుతః తెల్లని వేనని అయితే వాటిలో చాలా భాగం మనకు సాపేక్షంగా అతివేగంగా కదులుతుండడంచేత రంగులలో కనిపిస్తాయని ఆయన ఊహించాడు. మనను వేగంగా సమీపించే తెల్లనక్షత్రాలు వాటి తరంగాలు సంకోచం పొందడంచేత ఆకుపచ్చగానూ నీలంగానూ ఊదా రంగులోనూ, కనిపిస్తాయనీ వేగంగా దూరం వెళ్లిపోయే నక్షత్రాలు పసుపుపచ్చగానూ, ఎర్రగానూ కనిపిస్తాయనీ ఆయన వాదం.

తెలివైన వాదనేగాని శుద్ధ తప్పు: కదలికవల్ల నక్షత్రాల రంగులో మార్పు కంటికి తెలియాలంటే ఆ నక్షత్రాలు సెకండుకు అనేక దశ సహస్రాల కిలోమీటర్ల వేగంతో కదలాలి. అప్పటికీ ప్రయోజన ముండదు. ఎందుచేతనంటే మనకు దగ్గరగా వచ్చే తెల్లని నక్షత్రంయొక్క వేగంవల్ల దాని కాంతిలోని నీలంకిరణాలు ఊదా రంగుకు మారుతాయి. ఆకుపచ్చ కిరణాలు నీలంగా మారుతాయి. పరారుణ కిరణాలు ఎర్ర కిరణాలుగా మారుతాయి. అంటే తెల్ల కాంతిలో వుండవలసిన కిరణాలన్నీ అలాగే వుంటాయి. అన్నిరంగులు స్థానచ్యుతిని చెందికూడా మన కంటికి తేడా ఏమీ తెలియరాదు.

నక్షత్రాల వర్ణమాలలోని నల్లగీరలు పక్కకు జరగడం ఇలాటిది కాదు. సున్నిత మయిన పరికరాలతో వాటి జరుగుదలను కనిపెట్టి మనం చూసే దిక్కుగా నక్షత్రాల గమన వేగం ఎంతో నిర్ణయించ వచ్చు. సెకండుకు ఒక కిలోమీటరు కదలికను కూడా మంచి స్పెక్ట్రాస్కోపు పట్టి యివ్వగలదు.

ఎర్రదీపాన్ని ఉపేక్షించి ముందుకు పోయిన నేరానికి పోలీసులు సుప్రసిద్ధ భౌతిక శాస్త్రవేత్త అయిన రాబర్టు వుడ్‌కు జరిమానా విధించబోయినప్పుడు డాప్లర్ చేసిన పార బాటు జ్ఞాపకానికి వచ్చి ఆయన పోలీసులతో మంచి వేగంతో ప్రయాణించేటప్పుడు ఎర్రలైటు ఆకుపచ్చ లైటులాగ కనిపిస్తుందని నచ్చచెప్పాడని చెబుతారు. పోలీసువారికి కాస్తంత భౌతి కశాస్త్రజ్ఞానం ఉండిన పక్షంలో ఎర్రలైటు ఆకుపచ్చలైటులాగా కనిపించడానికి కారువేగం గంటకు కనీసం 13.5 కోట్లకిలోమీటర్లుండాలని వుడ్‌కి చెప్పివుందురు.

దీన్ని ఇలా గుణించ వచ్చు. ట్రాఫిక్ లైటుయొక్క కాంతి తరంగదైర్ఘ్యం $l$ అనుకుందాం. కారు తోలుతున్న వుడ్‌కి కనిపించిన కాంతిది $l'$ అనుకుందాం. కారు వేగం $v$ అనీ, కాంతి వేగం $c$ అనీ అనుకుందాం: సిద్ధాంతం ప్రకారం ఈ విలువల మధ్యగల సంబంధం ఇలావుంటుంది:

$$\frac{l}{l'}=1+\frac{v}{c}$$

ఎర్రకిరణాల కనీస దైర్ఘ్యం 0.0063 మిల్లిమీటర్లు. ఆకుపచ్చకిరణాల గరిష్ఠ దైర్ఘ్యం 0.0056 మిల్లిమీటర్లు. కాంతి సెకండుకు 3,00,000 కిలోమీటర్లు కనుక

$$\frac{0.0063}{0.0056}=1+\frac{v}{3,00,000}$$

అంటే కారువేగం

$$v=\frac{3,00,000}{8}$$ లేక 37,500 కి.మీ/సె. అనగా గంటకు 13,50,00,000 కి. మీ. యీ వేగంతో వుడ్ సుమారు ఒక గంటకాలంలో పోలీసువాడినుంచి సూర్యుడికన్న దూరంగా వెళ్లి వుండును. ఏమైతేనేమి ఆయనకు జరిమానా విధించనే విధించారు – హెచ్చు వేగంతో కారు తోలినందుకు.

# ధ్వని వేగంతో

వాయించే బ్యాండు మేళంనుంచి మనం ధ్వని వేగంతో కదిలిపోతే ఏంవినిపిస్తుంది?

మనం మెయిలులో ప్రయాణం చేసేటప్పుడు బయలుదేరిన రోజున ప్రచురితమైన వార్తాపత్రికే దారి పొడుగునా అందుతూంటుంది. ఎంచేతంటే తరవాతి పత్రికలు వెనక వస్తున్న రైళ్లలో వస్తాయి. అదే విధంగా ధ్వనివేగంతో బయలుదేరిన వాడికి బయలుదేరిన క్షణంలో వినపడిన స్వరమే వినిపిస్తూ వుంటుందనవచ్చు.

కాని అది తప్పు. మనం ధ్వని వేగంతో కదిలేటప్పుడు మనకు సంబంధించినంత వరకు ధ్వని తరంగాలకు చలనం వుండదు. వాటి కంపనాలు మన చెవి గూబలకు సోకవు. మన కేమీ వినిపించవు. ఆకస్మాత్తుగా బ్యాండు మేళం నిలిచిపోయిందనుకుంటాం.

మనం అనుకున్న వుపమానం ఎందుకు తప్పయిపోయింది? అసలు ఉపమానమే తప్పు. ప్రయాణీకుడు తాను ప్రయాణం చేస్తున్న సంగతి మరచి పోయే పక్షంలో తాను మాస్కో నుంచి బయలుదేరిన తరువాత కొత్తపత్రికలేవీ ప్రకటన కాలేదని అందుకే ఎంతదూరం వెళ్లినా ఒకే పత్రిక కనిపిస్తున్నదని అనుకోవచ్చు. అతని దృష్టిలో మాస్కోలోని అచ్చాఫీసులు మూసేసి వుంటాయి. – ధ్వని వేగంతో వెళ్లేవానికి బ్యాండు వాయించటం మానేసిందనిపించినట్టే.

ఇది గ్రహించడానికి ఏమంత కష్టమైన విషయం కానప్పటికీ శాస్త్రజ్ఞులుసహితం ఒకొక్కసారి పొరబడతారు. నేనింకా విద్యార్థిగా వున్నప్పుడే ఒక నక్షత్ర శాస్త్రవేత్త (ఇప్పటికి గతించాడు లెండి) నేను యిప్పుడు చెప్పిన వివరణతో ఏకీభవించక పోవటం నాకింకా జ్ఞాపకం.

మనం ధ్వని వేగంతో కదిలిపోయేటప్పుడు మనకు ఒకేస్వరం దారి పొడుగునా వినిపిస్తుందని ఆయన వాదించాడు. ఆయన వాదన ఇలా నడిచింది. (ఆయన వ్రాసిన ఉత్తరంలోని భాగం)

"ఒక స్థాయిలో ఒక స్వరం పలికినప్పుడు దానికాధ్వని ఎల్లప్పుడూ వుంటుంది. ఆకాశంలో వేరు వేరు దూరాలలో నిలబడిన వారంతా ఒకరితరవాత ఒకరు దానివి వింటారు — వాదన కోసం ధ్వని అందరికీ సమమైన బలంతోనే వినిపిస్తుందనుకుందాం. అలాటప్పుడు యీ శ్రోతలలో ఎవరో ఒకరి వద్దకు మనం ధ్వని వేగంతో ఆయేది మనోవేగంతో ఆయేది చేరుకున్నప్పుడది మనకెందుకు వినిపించక పోవాలి?"

ఇదే ప్రకారంగా మెరుపుమంచి కాంతి వేగంతో ఎడంగా వెళ్ళిపోయేవాడికి ఆ మెరుపు అలాగే కనబడుతూ వుంటుందని కూడా ఆయన వాదించాడు.

"ఆకాశంలో అనంతమయిన నేత్రాలు వరసగా వున్నట్టు వూహించుకో ఒకదానితరువాత ఒకటిగా అవి మెరుపును చూస్తాయి. నీవు ఒక్కొక్క కన్నువద్దకే వెళ్ళావనుకో నీకు మెరుపులాగే కనిపిస్తూనే వుంటుందన్నది స్పష్టం," అన్నాడాయన.

యీరెండు ఉద్ఘాటనలు తప్పేనని వేరే చెప్పనవసరంలేదు. ఆ పరిస్థితులలో చెవికి ధ్వనీ వినిపించదు. కంటికి మెరుపూ కనిపించదు. ముందుచెప్పిన సూత్రం యీవిషయాన్ని స్పష్టం చేస్తుంది $v = -c$ అయితే, $l^1$ అనంత మవుతుంది. అంటే తరంగాలు లేవన్నమాటే.

* * *

"నిత్యజీవితంలో భౌతికశాస్త్రం" ముగిసింది. ఇది చదివిన మీకు అనంతమైన యీ జ్ఞానం మరికొంత సంపాదించాలి అనిపించినట్టయితే నా కృషి ఫలించిందని భావిస్తాను.

# ప్రశ్నలు

1. బెలూన్‌లోనుంచి చూస్తే భూభ్రమణం కనిపిస్తుందా?

2. విమానంనుంచి జారవిడిచిన వస్తువు సూటిగా పడుతుందా?

3. కదిలే రైలునుంచి మనం క్షేమంగా దిగటం ఎలా?

4. హిమవిధ్వంసి నౌక మంచు మధ్యగా నడిచేటప్పుడు అది ప్రయోగించే శక్తి మంచుయొక్క నిరోధానికి సమంగా ఉంటుందా?

5. రాకెట్టు పైకెందుకు పోతుంది? గాలిలేని శూన్యంలోకూడా అంటించిన రాకెట్టు పైకి పోతుందా?

6. రాకెట్టులాగా కదలే ప్రాణులున్నాయా?

7. వస్తువులపై అనేక దిక్కులనుంచి బలాలు ప్రయోగితమయినప్పుడు ఆ వస్తువులు కదలకుండా వుండడం ఎల్లప్పుడు జరుగుతుందా?

8. బల్ల పరుపుగా కట్టిన కప్పుకన్న ఆర్చి ఆకారంలో కట్టినది ఎక్కువ బలంగా ఎందుకుంటుంది?

9. గాలి తెరచాప పడవనెలా నడుపుతుంది?

10. ఆధారం దొరికిందే అనుకుంటే ఆర్కిమిడీస్ భూమిని ఎత్తగలిగి ఉండేవాడేనా?

11. ముడి వదులుకాకుండా ఎందుకుంటుంది?

12. ఘర్షణం లేనట్టయితే ముడులవల్ల ప్రయోజనం వుంటుందా?

13. ఘర్షణం లేనట్టయితే మనకు లాభమేమిటి? నష్టమేమిటి?

14. ఒక చీపురు కర్రను కుర్చీపైన బ్యాలెన్సు చెయ్యండి. దాని ఏభాగం ఎక్కువ బరువు? – చిన్న భాగమా? పెద్ద భాగమా?

15. తిరిగే బొంగరం ఎందుకు ఒరిగి పడదూ?

16. తలకిందులు చేసిన లోటానుంచి నీరెప్పుడు వలకదు?

17. విశృంఖలమైన బంతి వాలు వెంబడి ఎప్పుడు దొర్లదు?

18. భూమియొక్క ఆకర్షణ ఎక్కడ జాస్తి – మాస్కోలోనా, లెనిన్‌గ్రాడ్‌లోనా?

19. గదిలో వుండే వివిధ వస్తువుల మధ్య పరస్పరాకర్షణ మనకెన్నడూ ఎందుకు కనిపించదు?

20. చంద్రుడిపైన ఎంత దూరం దూక గలవు?

21. చంద్రుడిపైన తుపాకితో తూటాను సెకండుకు 900 మీటర్ల వేగంతో సూటిగా పైకి పంపితే అది ఎంత ఎత్తు పోతుంది?

22. భూమియొక్క కేంద్రంగుండా దాని వ్యాసం వెంబడి ఉండే సొరంగంలోకి ఒక బరువును పడవేస్తే, వాయునిరోధం లేని పక్షంలో అది ఎక్కడ ఆగుతుంది?

23. వాన నీరు నిలవకుండా కొండలలో సొరంగం తవ్వాలంటే ఎలా తవ్వాలి?

24. ఏవస్తువునైనా కిందపడకుండా ఆకాశంలోకి విసరగలవా?

25. యీతరానివాడు మునిగి పోని చోటేది?

26. హిమవిధ్వంసి మంచు మధ్యగా ఎలా పోతుంది?

27. ధ్వంసమైన నౌకలు సముద్రము అడుగుకు చేరుతాయా?

28. మునిగిన నౌకలను పైకెత్తడంలో వుపయోగపడే భౌతిక సూత్రమేది?

29. తొట్టి సమస్య ఏమిటి? దానికి ప్రాథమిక గణిత పాఠ్యపుస్తకాలు సరియైన సమాధానం చెప్పగలవా?

30. నీరు పాత్రనుంచి సన్నబడని ధారగా వెలువడేటట్టు చేయడం ఎలా?

31. ఎనిమిది జతల గుర్రాలకు బదులు ఎనిమిది జతల ఏనుగులను పూన్చి వుంటే అవి మాగ్డిబర్గ్ అర్ధగోళాలను వేరుచేయగలిగి ఉండునా? (ఏనుగు గుర్రంకన్న అయిదింతలు బలంకలదిగా భావించబడుచున్నది.)

32. ఆటమైజరు ఏసూత్రంపైన పనిచేస్తుంది?

33. పక్కపక్కనే వున్న నౌకలు ఎందుకు పరస్పరం ఆకర్షించుకుంటాయి?

34. చేపకు గాలి తిత్తి దేనికి?

35. భౌతికశాస్త్రంలో రెండు రకాల ప్రవాహాలేవి?

36. పొగగొట్టంనుంచి వెలువడే పొగ ఎందుకు చుట్టలు చుట్టలుగా వెళ్లుతుంది?

37. గాలిలో జెండా ఎందుకు రెపరెప లాడుతుంది?

38. ఎడారి ఇసుకలో ''అలలు'' దేనికి ఏర్పడతాయి?

39. వాతావరణ పీడనం వెయ్యోవంతు కావాలంటే ఎంత ఎత్తుకు పోవాలి?

40. 500 వాతావరణ పీడనాలకు గురి అయిన గాలికి మరియోట్ సూత్రం వర్తిస్తుందా?

41. గాలివీస్తున్నప్పుడు థర్మామీటరు చూపే ఉష్ణోగ్రత గాలికదలకుండా వున్నప్పుడు చూపే ఉష్ణోగ్రతకంటె తక్కువగా వుంటుందా?

42. గాలి నిశ్చలంగా ఉన్నప్పటికంటె గాలి వీచేటప్పుడు చలిని భరించడం కష్టం. ఎంచేత?

43. వేడిగా వున్న సమయంలో గాలి వీచడంవల్ల మనకు ఎల్లప్పుడూ సుఖంగా వుంటుందా?

44. చల్లబరిచే గుణం దేనిపైన ఆధారపడి వుంటుంది?

45. మంచు లేకుండా చల్లబరచే సాధనాన్ని చేయగలవా?

46. 100 సెం. డిగ్రీల వేడి భరించగలవా?

47. లెనిన్‌గ్రాడ్‌లో 24 డిగ్రీల ఉష్ణోగ్రతను భరించడంకన్న తాష్కెంట్‌లో 36 డిగ్రీలు భరించడం ఎందుకు తేలిక?

48. కిరసనాయిలు లాంతరుకి గాజుచిమ్నీ దేనికి?

49. వెలుగుతున్న మూనె దీపంగాని మైనంవత్తిగాని అది విసర్జించే వాయువుల కారణంగా ఎందుకు ఆరిపోదు?

50. గురుత్వాకర్షణ లేకపోతే జ్వాల ఏవిధంగా మండుతుంది?

51. గురుత్వాకర్షణ లేకపోతే స్టౌమీద నీరేవిధంగా వేడెక్కుతుంది?

52. నీరు నిప్పునెందుకార్పుతుంది?

53. నిప్పును నిప్పుతో నిరోధించేదెలా?

54. మరిగే నీటిలో స్వచ్ఛమైన నీరెప్పుడయినా మరుగుతుందా?

55. మంచుతో కూడిన నీటిలో నీటి సీసా ముంచితే సీసాలోని నీరు ఎప్పుడైనా గడ్డ కట్టుతుందా?

56. మామూలు వాతావరణపు ఉష్ణోగ్రతలో నీటిని మరిగించడం సాధ్యమా?

57. థర్మామీటరు సహాయంతో వాతావరణ పీడనం తెలుసుకొనేదెలా?

58. వేడిమంచు అంటూ ఉన్నదా?

59. సహజ అయస్కాంతము, కృత్రిమ అయస్కాంతము – ఏది ఎక్కువ శక్తివంతంగా ఉంటుంది?

60. ఇనుమును గాక మరేలోహాలను అయస్కాంతం ఆకర్షిస్తుంది?

61. శక్తివంతమైన అయస్కాంతంచేత వికర్షించబడే లోహాలేవయినా ఉన్నాయా?

62. ద్రవాలుగాని, వాయువులుగానీ అయస్కాంత ప్రభావానికి గురి అవుతాయా?

63. ప్రపంచంలో ఏ ప్రాంతాన దిక్సూచి రెండు కొనలూ ఉత్తరాన్నే సూచిస్తాయి?

64. ఏది దేన్ని హెచ్చుగా ఆకర్షిస్తుంది? — ఇనుమును అయస్కాంతమా అయస్కాంతాన్ని ఇనుమా?

65. అయస్కాంత శక్తిని కనిపెట్టగల శరీరాంగమేది?

66. విద్యుదయస్కాంతపు క్రేను కరిగిన లోహాన్ని ఎత్తగలదా?

67. శక్తివంతమైన అయస్కాంతంవల్ల బంగారు గడియారాలకు గల ప్రమాదమేమిటి?

68. రేడియం గడియారమనేది ఏమిటి?

69. రేడియో ధార్మిక శైథిల్యం (radio-active disintegration) ద్వారా భూమియొక్క వయస్సును ఎలా నిర్ణయిస్తాం?

70. పక్షులు విద్యుత్ తంత్రులపైన నిరపాయంగా ఎలా వాలగలవు?

71. మెరుపు ఎంతసేపుంటుంది?

72. ఏడు ప్రతిబింబాలు ఏర్పడాలంటే మనం అద్దాలను ఏకోణంలో ఉంచాలి?

73. సూర్యశక్తితో నడిచే మోటారుకు, సూర్యశక్తితో పనిచేసే కుంపటికి తేడా ఏమిటి?

74. హీలియో ఇంజనీరింగ్ అంటే ఏమిటి?

75. చేప కంటిలోని లెన్స్ గోళాకారంగా ఎందుకుంటుంది?

76. నీటిలో మునిగి ఉండి పుస్తకం చదవగలవా?

77. నీటి దిగువన ఎవరు బాగా చూస్తారు? — శిరస్త్రాణం ధరించినవాడా, ధరించనివాడా?

78. పూటాకారపు (కాన్కేవ్) లెన్స్‌తో వస్తువులు పెద్దవిగాను కుంభాకారపు లెన్స్‌తో చిన్నవిగాను కనిపించేలాగ చెయ్యగలమా?

79. కంటికి మడుగు అడుగు భాగం పైకిలేచినట్లు ఎందుకు కనబడుతుంది?

80. సందిగ్ధకోణం అంటే ఏమిటి?

81. "సంపూర్ణాంతః పరావర్తనము" అంటే ఏమిటి?

82. వెండిలా తళతళ మెరిసే పొలుసులు చేపకేమయినా సహాయపడతాయా?

83. కంటియొక్క "గుడ్డి చుక్క" అన్నది ఏమిటి? దాన్ని ఎలా తెలుసుకుంటాం?

84. దృక్కోణం అంటే ఏమిటి?

85. ఒక మినిటు (1′) కోణంయొక్క భుజాలు మొననుంచి 10 మీటర్ల దూరంలో ఎంత ఎడంగా ఉంటాయి?

86. గురుగ్రహంయొక్క వ్యాసం భూమియొక్క వ్యాసంకన్నా సుమారు పదింతలు ఉంటుంది. దాన్ని 40″ (సెకండ్లు) దృక్కోణంలో చూడాలంటే ఎంత దూరంనుంచి చూడాలి?

87. "ఒక మైక్రోస్కోపు 300 ల రెట్లు పెద్దదిగా చూపుతుంది," "ఒక టెలిస్కోపు 500 లరెట్లు దగ్గరగా చూపుతుంది" అంటే మనం ఎలా అర్థంచేసుకోవాలి?

88. సినీమా తెరమీద బండిచక్రాలు తరుచు వెనక్కు తిరుగుతున్నట్టు ఎందుకు కనిపిస్తాయి?

89. అతివేగంగా తిరిగే వస్తువు కదలకుండా ఉన్నట్టుగా కనబడేటట్టు చేయగలమా?

90. కుందేలు తల తిప్పకుండా తన వెనకనున్న వస్తువులను చూడగలదట, నిజమా?

91. చీకట్లో అన్ని పిల్లులూ బూడిదరంగుగానే ఉంటా యన్నమాటనిజమేనా?

92. ఏది త్వరగా పయనిస్తుంది? రేడియో సంకేతమా, గాలిలో ధ్వనా?

93. ఏది త్వరగా వెళ్లుతుంది, తుపాకి బుల్లెటా, దాని ధ్వనా?

94. ఎలాటి ధ్వనులు మనకు వినిపించవు?

95. అతీత ధ్వనులతో ఇంజనీర్లు ఏవైనా ప్రయోజనాలు సాధించ గలిగారా?

96. "ధ్వనించే మేఘం" అంటే ఏమిటి?

97. ఎదురుగా వచ్చే రైలుకూత స్థాయిలో ఏమార్పు కలుగుతుంది?

98. బ్యాండు మేళంనుంచి మనం ధ్వనివేగంతో వెళ్లిపోతే ఏం వినిపిస్తుంది?

# పారిభాషిక పదజాలము

అతీత ధ్వని ultra-sonic sound

అయస్కాంతత్వం magnetism

"అవధి" వేగం critical velocity

కలత ప్రవాహం చూ. సుడుల ప్రవాహం

కేంద్ర పరాన్ముఖ శక్తి, కేంద్ర పరాఙ్ముఖ శక్తి centrifugal force

క్రియ ప్రతిక్రియ సూత్రం law of action and reaction

గుణ వృద్ధి geometric progression

గురుత్వాకర్షణ gravity

గురుత్వాకర్షణ ఫలితం resultant befween gravity and the pull (of the object)

చిక్కదనము viscosity

తరుణాస్థి gristle

త్వరణము చూ. వేగవృద్ధి

పరావర్తన కోణం angle of reflection

ప్రతిచలనము (రికోయిల్) recoil

ఫలిత బలం resultant force

యానకం medium

వర్తుల వేగం angular velocity

వాయు స్టైతిక్ విపరీతము aerostatical paradox

వేగవృద్ధి acceleration; కేంద్రపరాఙ్ముఖ వేగవృద్ధి centrifugal acceleration; గురుత్వాకర్షణ వేగవృద్ధి acceleration due to gravity

సంకలన వృద్ధి arithmetic progression

సందిగ్ధ కోణం critical angle

సంపూర్ణాంతః పరావర్తన total internal reflection

సరళ ప్రవాహం laminary flow

సాంద్రత density

సుడుల ప్రవాహం turbulent flow

"సౌరస్థిరరాశి" "solar constant"

## పాఠకులకు మనవి

ఈ పుస్తకాన్ని గురించిగాని, దీని పేర్పూకూర్పూ గురించిగాని మా భావిప్రచురణల సహాయార్థం మీ అభిప్రాయాలను సలహాలను మాకు పంప ప్రార్థన.

Progress Publishers
21, Zubovsky Boulevard
Moscow, USSR.

మా ప్రచురణలు దొరికే చోట్లు:

విశాలాంధ్ర పబ్లిషింగ్ హౌస్
ఏలూరు రోడ్
విజయవాడ – 2.

విశాలాంధ్ర బుక్ హౌస్
సుల్తాన్ బజార్
హైదరాబాద్.

## Check List

| | | | |
|---|---|---|---|
| Book Number | NPR01C470 | Date | 06/04/23 |
| Front Cover | yes | Back Cover | yes |
| Blank Pages | CI, 2, 12, 292, 296, 297, 286 | | |
| Missing Pages | NO | | |
| Prepared By | Mounika | Cutting By | Mouni |
| Scanned By | ch.Ramya | Pages | 301 |
| Quality Checking | T.Mounika | | |